Canadian Environmental Advisory Council
Conseil consultatif canadien de l'environnement

1985

Canadian
Environmental
Advisory
Council

Examining Environment – Economy Linkages

Envirocon Limited
Principal Author: R.A. Knowles

Canada

Canadian

Environmental

Advisory

Council

Report No. 16

Enquiries concerning the work of the Council and requests for Council publications should be addressed to:

The Executive Secretary
Canadian Environmental Advisory Council
c/o Environment Canada
Ottawa, Canada
K1A 0H3

© Minister of Supply and Services Canada 1986
Cat. No. EN 92-3/1986E
ISBN 0-662-14667-0

Ce rapport est disponible en français

Acknowledgements

The cooperation and assistance of many individuals is required in the completion of any study. That is particularly true in the case of this study. Several members of the Canadian Environmental Advisory Council offered valuable comments and suggestions during the course of the study, and their efforts resulted in a broader and more complete treatment of this complex subject. I should note, in particular, the contributions by two members of the Council, Dr. S.A.M. Conover and Mr. B. A. Hubert.

Among those who made valuable contributions during the preparation of the report were Ms. Leigh-Ann Topfer and Ms. D. Turnbull of Envirocon Ltd. Assistance in documenting references was provided by Ms. M. Kelman and Mr. P.J. Kavanagh.

The Executive Secretary of the Council, Mr. Max McConnell, served as project manager of the study and revised the report for publication. Mr. Malcolm Jordan, Mr. Noel Gates and Mr. Myles MacMillan assisted with the editing. Mr. Jean-Luc Malherbe prepared the French-language version which was revised by Mrs. Hélène Bruyère and edited by Mrs. Laïla Hawara.

The Canadian Environmental Advisory Council deserves both acknowledgement and applause for identifying this subject for study, and for its determined effort to promote thorough and continuing discussion. It is my hope that the efforts of the Council will stimulate thoughtful response, and will prompt further initiatives to expand our understanding of the interactions between the environment and the Canadian economy.

R.A. Knowles

TABLE OF CONTENTS

PAGE

List of Figures iv

Foreword v

Introduction vi

Interdependencies in Modern Society *(Chapter 1)* 1

Economic Theory and the Measurement of Environment-Economy Relationships *(Chapter 2)* 5

- Introduction 5
- Neoclassical Economic Theory 6
- Thermodynamic Economic Theory 7
- Evolutionary Economics — A New Synthesis 13
- Conclusion 14

An Analytical Approach for Assessing Environment-Economy Interdependencies *(Chapter 3)* 15

- Introduction 15
- A Systematic Approach to Economic and Environmental Policy-Making 15

Searching for Environment-Economy Information *(Chapter 4)* 20

- A Review of Sources 20
- Preliminary Searches of Selected Databases 26

Conclusions and Future Research Needs *(Chapter 5)* 27

- Conclusions 27
- Summary of Future Research Needs 27

Annexes

- Annex 1 — Review of Analytical Approaches 29
  - *Input-Output Analysis* 29
  - *Materials Balance and Ecological Systems Models* 31
  - *Integrated Environmental Impact Analysis* 31
  - *Integrated Environmental Modelling* 32
  - *An Integrated Structure for Economic Environmental Interactions* 32
  - *Cost-Benefit Analysis* 34
  - *Multi-Regional Economic — Environmental Models* 34
  - *Multi-layer Projection (MLP): A New Method for Economic-Environmental Modelling* 36
- Annex 2 — The Results of Database Searches 45
  - *List of Sample Searches* 45
  - *Search 1: Economic Index* 46
  - *Search 8: Enviroline* 57

Bibliography 62

Supplementary Readings 66

LIST OF FIGURES

FIGURE		PAGE
1.	A Conceptual Materials Balance Model of Two Interrelated Economies	2
2.	Materials and Energy Flows in Society	8
3.	Model of the Flows of Materials	9
4.	Spectrum of Ends and Means	12
5.	A Schematic Diagram Identifying Principal Components of a Systematic Impact Analysis	17
6.	Input-Output Analysis as an Integrated Part of Economic-Environmental Modelling	30
7.	Structure of a Materials Balance Model	31
8.	Scheme of a Simple Integrated Economic-Environmental System	33
9.	Interaction Scheme for an Integrated Economic-Environmental Model	35
10.	Variables in MREED	37
11.	Structure of a Multi-regional Model of the Economy, Environment and Energy Demand	37
12.	Variables of MEEEI	38
13.	Integrated Multi-region Model of the USA	38
14.	Basic Representation of an Economic System	40
15.	Basic Representation of an Environmental System	40
16.	Economic-Environmental Model of a Spatial System as a Result of Multi-layer Projection	41
17.	An Economic Model of a Power Generating System	42
18.	Energy Balance of a Power Generating System	42
19.	Economic Energy Model of a Power Generating System as a Result of Multi-layer Projection	43
20.	Simple Version of the Triple Layer Model Obtained by Multi-layer Projection	44

FOREWORD

The Canadian Environmental Advisory Council (CEAC) has been interested in the linkages between the environment and the economy for some time. Intuitively we have felt that environmental planning and management are cost-effective and fundamental to a sustainable economic future for Canada. This report reflects an effort by Council to be more specific, to begin to document the linkages, to take a preliminary look at current literature in the field, and to develop useful methods for understanding environment-economy relationships. Without this understanding, Canadians will continue to make both economic and environmental decisions without appreciating how important they are to each other. The natural environment is, after all, the support system for all forms of human activity.

This paper proposes a way to describe and measure the relationship between Canada's economy and the natural environment. Certainly, history has taught us that some forms of economic activity can harm the environment. Fortunately, there is now a growing understanding that many steps taken to protect the environment can generate economic benefits and, moreover, that sustainable economic performance depends on protecting the environment. In other words, rather than being diametrically opposed, economic performance and environmental quality are different sides of the same coin. In addition, Canadians value their environment for cultural, aesthetic and spiritual reasons. In many cases, these values in themselves provide all the justification that is needed for intensive protection of the environment.

Although Council has focused on economic factors in this study, it does not signify that less importance should be attached to other environmental values. Nevertheless, from an economic standpoint, it is Canada's environment that provides the raw materials to drive the economic system. Ironically, it is also the environment that serves as the recipient of unwanted by-products from the economic system it feeds.

Many of our natural resources are commonly described as "renewable". But they are renewable only if carefully managed to ensure sustainable use. For those that are non-renewable, we have a special obligation to ensure their use is environmentally sound. In short, it is becoming clear that the durability of our society may well depend on the degree to which we apply a conservation or environmental ethic to the economic system.

This study of linkages between the environment and the economy involved carrying out a preliminary review of current relevant literature, identifying different theoretical perspectives, reviewing methodologies and analytical approaches, and searching selected databases to determine the availability and quality of data pertinent to a few sample linkages.

The research revealed that environment-economy relationships are extremely complex and, at present, imperfectly understood and described. It also revealed that sharp differences of opinion exist among theoretical economists concerning the interactions and dependencies between economic activity, human welfare and the natural environment. However, the diversity of views on the subject should not, in our opinion, deter further examination of the relationships. Nor should it distract us from encouraging greater understanding and awareness of the intimate relationship among economic performance, environmental quality, and the quality of human society. Finally, we should not await some far-off day when all differences of opinion have been resolved and mountains of specific data generated before we incorporate into policy-making some understanding of environment-economy relationships.

Council views this study not as an end in itself, but rather as a starting point: a starting point for Council in its examination of specific linkages and the related cost or value. However, most importantly, the study is a possible starting point for other institutions, groups, and organizations undertaking the in-depth examination of environment-economy linkages.

In the final chapter of this report a number of recommendations for future action are presented, along with a summary list of research that should be carried out. Council does not suggest that all studies in the field must follow the broad, holistic approach recommended in Chapter 3. For example, in some instances, narrowly-focused studies may be more cost-effective. However, such studies must implicitly or explicitly recognize the limitations imposed by a less holistic framework.

Council is convinced that further research on environment-economy linkages is needed to ensure that Canadian policy makers and others making decisions and formulating action plans, have a better understanding of the interactions that occur between the economy and the natural environment. The need for further research is urgent. Over the long-term, our socio-economic system reacts totally with, and is totally dependent on the natural environment.

Canadian Environmental Advisory Council

INTRODUCTION

Understanding increases daily about how inextricably our well-being is bound to the state of the environment in which we live. It is increasingly apparent that the decision-making processes of government and the private sector must be broadened to ensure that short term economic goals do not irreparably damage environmental resources and the future economic benefits that can flow from them. With this in mind, the Canadian Environmental Advisory Council sought to expand understanding of the interrelationships between environmental quality and economic performance and to improve its ability to analyse related issues and questions.

The logical commencement point for this research, it seemed, was to start from known information and use it to investigate unknown areas. It was proposed that identification of specific "known" linkages between environmental quality and economic performance could provide a basis upon which future research might expand. The research strategy also called for examining two sample databases in order to test the effectiveness of any proposed analytical framework for identifying relevant data and information.

While the logic appeared sound, a preliminary review of major theoretical literature (primarily environmental-economics) published in the last fifteen years revealed that the approach might be too simplistic. Environment-economy relationships are not simple. Nor are they direct or constant. The linkages between the environment and economic activities are not of a predictable "cause and effect" type. These linkages involve interactions that take place as result of systems of factors working in combination. The resulting effects on the environment, on a particular ecosystem, on a specific economic system, or on a part of a system, are unique. There are no absolute, quantifiable, constant relational values or coefficients that can be used universally or in simple formula fashion to calculate environment-economy effects. The linkages and interactions that occur are not analogous to chemical reactions for which the results are predictable and quantifiable. Rather, the linkages and interrelationships between environmental and economic systems are subtle and variable in almost every imaginable way. Chapter 1 summarizes some of the reasons for this variability.

This realization led the study team to reconsider and redefine its original research strategy. The literature review revealed that, despite the complexities involved, considerable progress had been made in developing analytical models to estimate environmental-economic effects of different policies and actions. It was concluded that a review of the analytical techniques and associated theories might provide a basis for developing an approach that could be applied to future investigation of these issues.

The research strategy, therefore, was revised to include the following:

— reviewing environmental-economics theory and principles that bear on these questions — see Chapter 2;

— reviewing analytical approaches and methodologies which have been developed to analyze environment-economy linkages and effects — see Annex 1;

— specifying a conceptual approach to examining environment-economy questions — i.e. an approach that would be of assistance in identifying the components, data and information, and the sequence of steps involved in assessing individual issues and problems — see Chapter 3;

— utilizing the approach developed above to carry out a preliminary search of several databases to gauge the availability of required data and information (the search would involve specification of several examples of environmental-economic problems currently significant to Canada) — see Chapter 4 and Annex 2; and

— preparing a summary of recommended directions for future research required to advance this conceptual approach to operational problem-solving status — see Chapter 5.

Because of the short time available to complete this research (one month), it was necessary to rely on readily available published information, books and monographs, etc. During library and database searches, some very current (sometimes forthcoming) literature and research studies were identified. It is clear to the study team that a body of information remains to be reviewed in subsequent research efforts. A partial listing of these references accompanies the bibliography. In particular, economic-environmental modeling work completed by Canadian researchers was very difficult to obtain. There may be relevant research completed, unpublished, or currently underway that is not cited in this study. It was not possible to confirm this in the short time available. Future investigations should explore this area.

INTERDEPENDENCIES IN MODERN SOCIETY

Until modern times, the concerns of individuals and societies about environment-economy relationships focused primarily on the impact of environmental change on man, e.g., climate, flooding, food supply, etc., rather than on the impact of man on the environment. In the modern, technological, densely populated world, human activity has a major effect on environmental quality through air and water pollution, deforestation and desertification, etc. In turn, environmental change affects economic activity.

The rate at which raw materials and services are extracted from the environment, and the rate at which consumed products and waste residuals are returned to the environment, have important implications for sustained economic growth, social welfare, and the long-term viability of the environment upon which the economic process depends.

The flows of raw materials, services, and wastes (residuals) constitute linkages between economic and ecological processes. The rates of residual discharge and the reabsorption capability of the environment are matters that lie at the heart of many critical economy-environment concerns. Although not always properly accounted for in economic theory (see Chapter 2), the economic effects of changes in environmental quality can include reduced employment in particular industries (often "renewable resource" industries such as fisheries, forestry, and agriculture), increased human and animal health costs, changes in land values, reduced food production, reduced profitability and productivity of some industries, and widespread loss of recreational benefits.

Environmentalists' concerns have traditionally centred on both the short-term and long-term ecological effects of the trend towards continuously expanding and accelerating the rate of extraction and discharge of materials from and to the natural environment. The economists' concerns have tended to focus on how man can best transform both renewable and non-renewable resources into goods and services for increasingly affluent populations. The emphasis of modern western society has been to promote and satisfy material wants through continuous economic growth. In this respect there has been only limited interest, until recently, in the connections between economic activity and environmental quality.

In recent decades there have been worrisome indications that modern industrial societies, and perhaps the world as a whole, could experience irreversible changes in human welfare as a result of environmental degradation, before market-based economic indices or measures would indicate a state of crisis. Public awareness — both of severe short-term and long-term health effects stemming from various industrial activities and accidents, and of starvation due to the collapse of agricultural economies, e.g., in Africa — has heightened these fears.

Awareness of the potential consequences of crossing irreversible environmental thresholds is gradually increasing among Canadians, and the issue is now the subject of public debate. The general public is beginning to notice the degradation of the natural environment — in terms of the loss of animal and plant life, the economic effects such as reduced worker health and shortened life cycles of physical assets through corrosion, and the loss of agricultural and forestry potential — in a qualitative, if not yet in a quantitative sense.

The general public and policy makers are becoming aware of the potential implications of continuous environmental degradation. These implications have been widely publicized in several studies that suggest drastic global environmental-economic decline (Limits to Growth, Global 2000, etc.). While a great deal of discussion has been stimulated, there are only limited signs of serious attempts to initiate needed remedies for obvious problems, e.g., declining fisheries stocks, diminishing forest reserves, deteriorating soil quality, declining water quality, and acid rain.

Why is there such difficulty in obtaining a consensus of opinion and agreement on policy and action concerning these issues? The difficulty stems from a number of considerations, including the economic perspective one adopts, and the ethical-moral value system by which one abides (see Chapter 2). It also stems from the uneven rate of economic development and from the distribution of natural resource wealth within individual countries and throughout the world.

The disparities in ownership of the resources, in technical and educational skills, and in the social and political power associated with the existing distribution of wealth, combine to inhibit change (particularly fundamental change) in economic organization or orientation. Such changes usually create economic winners and losers. In a democratic society, redistribution of economic benefits and costs may therefore occur slowly because various interest groups resist change.

The issue is also complicated because environmental and economic effects vary in size and degree at both micro (local and ecozone) and at macro (regional, provincial and national) levels. In addition, at different levels of aggregation, many of the same individuals, firms, communities, and elements of the environment interact and generate different economic consequences. This is due to the synergistic effect of the interaction of many environmental factors and economic processes.

For example, certain forest harvesting practices may directly affect the surrounding environment by modifying the surface run-off and increasing the rate of soil erosion in clear-cut areas. Other effects of these practices may include:

— reduction of the soil's ability to regenerate stands of marketable timber; and

— indirect effects on other local commercial activities, such as fishing, through increased rates of siltation and deposition of logging debris in the spawning habitat of local rivers and creeks.

The economic effects of these forest harvesting practices, while perhaps optimal from the point of view of forest industry economics, may cause a dramatic decline in local fishing industry income, and reduce employment in fish processing and related service industries.

The interaction of economic activity and various ecosystems within the total environment, may have quite different consequences at a regional or national level. The relationship between economic players (i.e., the businesses, employees, residents, visitors, tourists, and governments) will differ at each level. At a local level, direct and personally-felt effects will be experienced by resident individuals and groups. These effects are often immediate and short-term. However, the economic impact of environmental change may be felt in quite different ways by these same individuals and groups as residents of a region or as citizens of a nation.

For example, a decline in forest industry activity due to the depletion of forest resources may result in lower provincial government royalty revenues. Indirect economic effects of this decline in revenue may include reduced expenditures on public transportation, health, education, or other governmental services. At the national level, there might be a reduction in exports (e.g., forest and fish products), which may affect the nation's balance of trade, the national deficit and currency exchange rates with other trading partners. Ultimately, these effects on the national economy have local impacts including changes in the purchasing (consuming) power of, in our example, logging and fishing firms and their employees.

Sometimes these environment-economy actions and interactions at local, national, and international levels involve perverse situations. For example, individuals (loggers or fishermen or others), businesses (forest companies or fishing companies), or governments (royalty collectors), find that there are rewards, in the short run at least, through overuse of a resource or by permitting adverse environmental change to occur.

Maximization of profits, royalties and employment are individual, business, and government goals. In certain circumstances, these goals can lead to increased forest cutting rates or fish production quotas, even in the face of declining sustainable yields. If economic conditions are poor, and if international market conditions give the Canadian forestry and fishing industries a comparative advantage over other producers, it may seem rational, in the decision-maker's mind, to place a higher priority on "economic goals" and to treat the "environmental trade-offs" either as if they were unrelated to future economic activity, or as if there will be no future consequences from the action.

If one traces the effects of examples such as the forestry situation described above, it is readily apparent that environmental and economic systems interact at international, national, regional and local levels through complex relationships within themselves, with each other, and with society's members. Research studies and actual experience in both industrialized and less developed nations have demonstrated that the environment of a particular locale, region, or nation should not be considered as either discrete from global ecosystems, or immune from the effects of actions taken elsewhere. The evidence is now overwhelming that all economies of the world are, to a degree, interdependent and interacting. This means that changes in environmental well-being inevitably affect both our own economic well-being and that of others.

Figure 1 depicts conceptually the interdependency that can exist between two environmental-economic systems. This possibility exists at local, regional, national and international levels. In realty, of course, some interrelations will involve not simply two systems, but many sets of systems and subsystems.

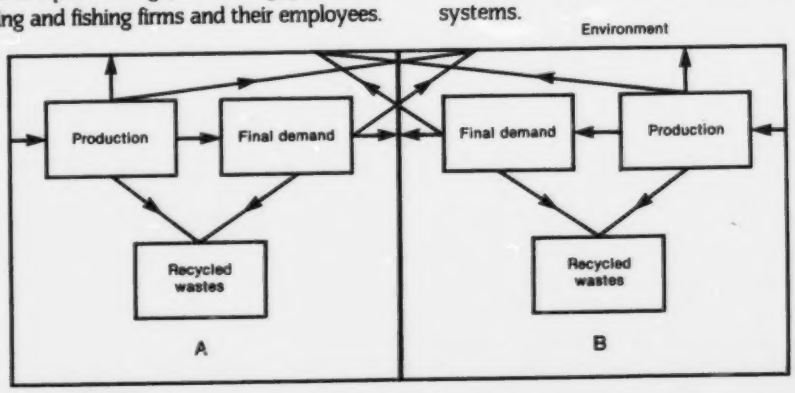


FIGURE 1
A Conceptual Materials Balance Model of Two Interrelated Economies

The sub-blocks A and B represent the materials balance for each region separately. The arrows between A and B indicate a mutual interdependence of A and B. This situation of externalities (non-market linkages), forms the background of most inter-regional and international environmental problems. The environmental quality of one part of a country or of the world is affected by the production systems of other regions or countries, although the regions or countries causing the effects are usually neither accountable nor charged for reducing environmental quality elsewhere.

In this set of interactions, there is no market system to clear the mutual damages. The interdependent system reveals the possibility of many frictions and conflicts among regions within the system.[1] A great variety of interests may exist both within and between regions or countries. These interests make it very difficult to achieve balanced economic development or consensus on environmental-economic policies.

The interdependencies of this model imply that areas, regions and countries of the world are mutually dependent. The raw material base, the growth of production, and the environmental quality of each area and region are co-determined by situations in other regions. Clearly, the economic demands and production processes of one region can increase environmental stresses in another, either directly through downstream or downwind effects, or indirectly by stimulating the creation of residuals in one region to meet the production demands of the other.

From the foregoing, it is apparent that the environmental quality of one region of Canada can be affected by the production demands of other regions. For example, some of the Ontario manufacturing sector pollution effects result from the demand for consumer products in other parts of the country. At the same time, the demands of the manufacturing sector in central Canada for raw material inputs cause environmental effects in regions far removed from Ontario.

The spatial effect is particularly relevant to the Canadian economy. With its emphasis on natural resource and primary industry activities, each demand for Canadian goods and services by foreign countries will produce environmental effects in some region of Canada. An example of this is the Japanese demand for coking coal and the environmental effects in British Columbia resulting from coal mining and waste disposal.

It is critical then, to appreciate that interconnections between environmental quality and economic activities, especially in the case of very large nature resource-based economies such as Canada's, involve both inter-regional and international linkages. The complexity of linkages and interrelationships between the environment and economic activity should not, however, discourage us from addressing them. Government, industry, and community leaders must formulate policies and take action to guide our collective behaviour in order to ensure the general welfare of Canadian society. In dealing with problems involving linkages and interrelated effects, it is important for the planner, adviser or policy-maker to fully appreciate the nature of the dynamic systems involved. A single dimensional analysis, calculation, or measurement of one factor, or of one set of factors, at one point in time, will not serve as a reliable basis for formulating policy or initiating action. The reasons for this include:

— Economic-environmental systems are dynamic and involve changing processes over time.

— Environmental-economic system variables combine and interact with each other in synergistic ways.

— The effects of economic activity on environmental quality vary spatially and over time, i.e., similar events produce different environmental and economic effects in different geographic areas, and will produce different effects at different times.

— The environmental effects and consequences of economic activities are not easily separated into discrete local, regional, national or international sets. A distant economic activity or event may cause economic and environmental effects at various levels elsewhere. For example, increased demand for aluminum in the U.S. will have economic and environmental implications both in Jamaica (bauxite mining) and in Canada (hydro-electric development projects and port construction).

While it may be difficult for laymen to appreciate all of the nuances of economic theory and principles, it is, in our opinion, important for all interested parties to have a basic understanding of the nature of the questions being investigated and the implications of various policy choices. As mentioned earlier, simple guidelines are not available, and there is no unanimity at the theoretical level. It is doubly important, therefore, for policy makers to be aware of the possible effects that can flow from particular actions or policies.

[1] The question of inter-regional and inter-area friction, and ways to deal with it are examined in the literature on multi-objective, multi-criteria analysis, regional decision-making, and negotiating-bargaining techniques. (See Dorcey A.H.J., 1984).

To gain this awareness, one must appreciate both the techniques and methodologies available to analyse the issues, and their limitations. Linkages between the economic system and the environment are complex and interrelated. To simplify (or worse, to ignore) the complexities and proceed on a non-empirical anecdotal basis, risks misunderstanding the dynamics occurring within the systems. Drawing conclusions based on partial analysis of the relationships can lead to recommending policies or actions that contribute negatively rather than positively to economic welfare and to environmental well-being.

The following chapter reviews and summarizes some of the theories posited, and the philosophical questions raised by analysts in investigating environment-economy relationships.

ECONOMIC THEORY AND THE MEASUREMENT OF ENVIRONMENT-ECONOMY RELATIONSHIPS

Introduction

It can be quickly appreciated that the whole question of economy-environment relationships, interactions, and their effects, will depend upon one's starting viewpoint. Any analysis of the subject or review of approaches to determine appropriate prescriptions for policy or action plans must, therefore, identify the paradigm or set of beliefs upon which the analysis rests.

Several theoretical views of the nature of the modern economy, its role in society, and its relationship to the natural environment, have been developed since the industrial revolution began. Each of these illustrates the effect of adopting different paradigms concerning the moral, ethical and material purpose of society. Three of these theoretical approaches are reviewed in this chapter to highlight the issues that must be addressed when considering environment-economy interactions. They are: neoclassical economic theory, thermodynamic economic theory, and evolutionary economic theory. A brief discussion of paradigms precedes this review to emphasize the importance of understanding the viewpoints or value systems on which various economic theories are based.

Paradigms

The perspective that one has of political economy (i.e., the organization of society's economic activities) will depend to a great extent on the paradigm under which one is operating. A paradigm is the set of views, preconceptions, or patterns of thought that form the lenses through which we see the world. Paradigms form the unconscious, tacitly shared perspectives that are necessary for experimentation and for accumulating a shared body of knowledge.

Scientists have, on occasion, been forced to re-examine, alter and periodically abandon paradigms upon which a whole set of scientific throught has been based. Three examples of abandoned paradigms follow: that man was created whole, unrelated to the rest of nature; that the earth is flat; and that the earth is the centre of the universe. Each of these paradigms served to explain reality to society for a period of time. Eventually, facts about the world became known, facts that could not be reconciled with the old paradigm, and a new perspective was adopted to better match reality. Much of society's rapid progress and development over the last 300 hundred years, after millennia of rather slow social evolution, may be attributed to the adoption of new paradigms.

The introduction of a new paradigm often constitutes a revolution, because it requires the adherents of these new ideas to abandon and perhaps turn in opposition to their intellectual community and many vested and powerful interests. A case in point was the introduction of the concept that no man should be the slave of another. The adoption of this concept eventually resulted in the American Civil War, and led to the abolition of slavery.

When a new paradigm is discontinuous with the preceding paradigm, it is often difficult for the new and the old adherents to relate to each other. This difficulty arises because some of the most basic issues and questions about the purpose and ultimate meaning of an action or condition will be perceived completely differently. For example, to a scientist familiar with micro-organisms, bacteria, and viruses, the conditions that lead to a child becoming stricken with diphtheria or polio are understandable and preventable. However, to a person unfamiliar with modern medicine, those conditions may be viewed as "acts of God". Similarly, perceptions about the nature of economic organization and the relationship of economic activity to man and the environment will differ depending on one's viewpoint.

All analyses of economic issues implicitly involve the adoption of a particular paradigm. Consider the following: Is economic growth a permanent "normal" process of a healthy economy, or is it a temporary phenomenon representing a stage between two levels of steady non-growth states? What satisfies an individual's wants — is it merely his wealth or income? Should we conceive of labour, land and capital as separate sources of value, or should we conceive of labour alone as the sole source of value? Are exhaustible natural resources "ordinary" inputs to the productive process, or are they a special category of inputs?

Questions such as these must be resolved before analysis can begin because identical analytical processes based on different paradigms will lead to different conclusions. This means that one must adopt a particular paradigm. It should be noted that the effect of different paradigms is not simply a matter of saying "there is always more than one way of looking at an issue". The adoption of a particular paradigm usually has implicit in it elements of personal belief, faith, or values which are not reducible to logical argument.

Economic thought during the last two centuries has experienced a number of paradigm shifts. These shifts are evidenced by the prevalence and decline of such notions as mercantilism, natural law, labour theory of value, the invisible hand of Adam Smith, and the dialectic between the classes as posited by Marx. Each paradigm yields a different understanding of the nature of man's economic activities, and of the proper, ethical or moral relationship of man to others and to his environment.

Neoclassical Economic Theory

The neoclassical economics school is derived from the works of Adam Smith, J.S. Mill, Léon Walras, Alfred Marshall, J.M. Keynes, V. Pareto, Paul Sammuelson, et al. The hallmark of this school of thought is its focus on satisfying the needs and wants of individual consumers through a process in which the individual's preferences and needs determine choices made in the marketplace. These individual choices, in total, are assumed to result in the best possible allocation of resources and materials in the economy. The ideal of "market equilibrium" is achieved when the marginal functions (cost, utility, revenue, etc.) are equal, and the welfare of all participants cannot be improved further without adversely affecting another's welfare.

Market prices in the "state of equilibrium" are assumed to represent optimal relative values, reflecting the needs, wants, and priorities of the individual consumer and of society as a whole. Competition, in the neoclassical system, provides the motivation among producers (for profits), workers (for wages), and capital (for rent). Such competition ensures, it is assumed, an efficient allocation of physical and human resources.

Substitution between raw material inputs, labour and/or capital will occur automatically, as efficiency factors (e.g., marginal costs of production, or productivity of labour) dictate, and as technological innovation permits.

Issues concerning future allocation of resources or choices are taken into account through the use of discount rates. These are used to estimate the "present value" of goods or services produced or foregone in the future.

Neoclassical economic theory assumes that the behaviour of individuals and society within an economy can be explained, predicted and measured through the use of a general equilibrium model. Through the use of generalized mathematical algorithms, this approach "explains" the behaviour and role played by consumers, firms, labour, savings, investment, and capital. Each of these factors is assumed to operate in markets according to varying degrees of competitiveness (e.g., perfect competition, oligopoly or monopoly). The economic actors are guided by preferences and tastes, marginal costs and benefits, utility considerations, future considerations (interest and discount rates), and the relative prices of goods and services.

Neoclassical Economics and the Environment

At the centre of neoclassical economic theory is the "sovereign consumer", who shows preferences in the marketplace by the prices he or she is willing to pay. The market is considered to be functioning when preferences of consumers are filled, and as failing when they are not. The economic significance or value of an action is based on the level of utility that an individual or society as a whole receives from the use of scarce resources, goods or services. Maximizing utility (satisfaction) is considered the appropriate economic goal of individuals and society as a whole.

In the neoclassical economy, the environment is simply a supplier of inputs to the production process of firms producing various goods and services. The economy consists of many such firms competing to satisfy the material needs of consumers. The economic system, theoretically, should have a tendency toward a state of equilibrium in which demand and supply, needs and wants, marginal costs and marginal revenues, etc., are equal. Equilibrium will occur once the marginal utility of acquiring additional goods and services and the marginal profit of producing them have been sufficiently reduced.

In practice, however, increases in population require new employment, additional consumer "satisfaction", and the promotion of a consumer ethic that encourages ever-increasing consumption of more and more trivial and non-essential products. Accordingly, a growing population hinders the achievement of this theoretical state of balance. In fact, the neoclassical model has become synonymous with the need for continuous growth of population, of production, of consumption, and of waste generation. Growth is justified as necessary to achieve the material demands generated by "sovereign consumers".

The continuous expansion of an economy is bound, eventually, to meet with difficulties such as space for its population, exhaustion of finite natural resources, waste disposal, and energy shortages. The neoclassical market economist takes the position that these problems will be resolved in the marketplace if it attaches sufficient value (price) to supplying a particular resource. If the market price is high enough, the incentive to either find and supply the resource, or to develop replacement products through technological innovation, will be sufficient to ensure that demand is met.

A major problem with neoclassical theory is its inability to take account of the effect on the economy of diminished supplies of finite non-renewable resources, except by assuming that substitutes will be found, or that new supplies will be discovered indefinitely. The only answer to this problem that neoclassical economics can offer is faith in technology.

The Common Property Resource Problem

A few goods, called common property resources (e.g., air and water), are assumed to have no price, since no markets for them exist. As a result, the contribution of these resources to human welfare is not explicitly accounted for in neoclassical economics. Since no property rights are associated with these resources and, therefore, no simple basis exists for assigning monetary values (prices) to them, producers are free to use them at little or no cost. Since the producers' goal of maximizing their profits can be achieved by reducing production costs, maximizing the use of "free" or low-cost resources will be the preferred strategy.

During extraction, harvesting, processing, and distribution, the market system allocates materials and energy reasonably well. Unfortunately, most residuals left over after consumption and processing are dispersed into the common property environment. Common property assets, such as the seas, wilderness areas and the atmosphere, do not enter a market exchange. They are progressively degraded because industry, governments, and individuals use them as cost-free dumps, even though other uses of these resources, such as fishing, recreation, or agriculture may be lost through the dumping actions.

It can be expected, therefore, that in a normal, competitive market economy, free or unpriced commodities will tend to be over-used. Overuse implies that there will be, over time, a predictable decline in common property resources (i.e., a large portion of the stock of environmental capital). These conditions have been appropriately described as "the tragedy of the commons".

Externalities

In order to cope with some of the non-market aspects of production and consumption, neoclassical economic theorists developed the concept of externalities. Externalities are the effects of actions by different individuals or firms — actions that are not accounted for in market transactions. Usually, external effects are of concern when the well-being of one firm or individual is affected by the actions of another, without payment of compensation for the damage. An example would be one firm discharging waste into a river, and a downstream firm having to incur costs to treat the water before it can be re-used. There are a variety of different types of externalities. A detailed description and listing can be found in Nijkamp (1977).

In order to include externalities in analytical models, and to internalize the cost of their effects, neoclassical theorists conceived the "compensation" idea. This idea is based on the assumption that environmental externalities (non-market changes in environmental quality) disturb the economic system's equilibrium. The theory suggests that one approach to returning a system to equilibrium is to pay compensation to an injured party, to the extent required to restore that party to his or her original state of economic well-being. While this notion has a certain "theoretical elegance", in a practical sense it has some very limiting assumptions that reduce its usefulness for solving environment-economy system problems (see Nijkamp 1980).

Summary Observations on Neoclassical Economic Theory Vis-à-Vis Environment-Economy Relationships

For economic theory to be useful in analysing environment-economy relationships and linkages, it must, in addition to describing market dynamics and the mechanisms of consumer satisfaction, recognize and incorporate the processes through which materials and energy are extracted from the environment, transformed, consumed and, eventually, returned to the environment as waste residuals. One of the reasons that market-oriented neoclassical theory encounters difficulty in dealing with environment-economy relationships is that it does not adequately value the materials and energy flows that occur between the environment and the market economy. Instead, it focuses on the value of production as derived from non-physical utility or satisfaction of consumers.

Serious criticisms have been made concerning the premise that maximizing consumer utility or satisfaction yields optimal welfare for the society as a whole. Research by Scitovsky (1976) found no evidence that the level of human well-being grows proportionately to increases in the quantity of priced commodities in an economy. Some industrialized economies, it has been suggested, may have already reached a satisfaction "saturation point". These economies may actually be experiencing a decline in "quality of life" as perceived by individual citizens. This perception is reinforced when the physical quality of the environment also appears to be declining.

Hirsch (1976) suggests that limits to growth of production in modern economies are not based solely on physical constraints (resource supply, population, etc.), but stem as well from non-market effects such as stress, long-lasting illness, and dissatisfaction with working conditions. The conclusion by Nijkamp (1980) is that the well-being of human society and the individual is a multi-dimensional variable composed of several elements such as income, environmental quality, distribution of political power, and quality of working life. This concept suggests that measures of utility and the wants of the individual in the economic-environmental system have neither been adequately understood nor properly incorporated into neoclassical economic throught.

Thermodynamic Economic Theory

Thermodynamic economic theory links economic, technological and ecological processes. While neoclassical theory portrays the economic system as a closed, circular flow of monetarized values, theories based on thermodynamic laws hold that such a circular flow does not exist for material products and energy. This view suggests that economic activities are linked to, and exert claims on the environment — i.e., the input sector makes demands on the resource base of the economy, and the output sector introduces residuals from the economy into the environment. The first leads ultimately to the exhaustion of non-renewable natural resources; the second to pollution and environmental degradation.

Materials and Energy Flows and Balances

Materials and energy flows and their relationship to economic activity have been described and elaborated by several authors including Ayres, Kneese et al. (1969), Freeman et al. (1973), Kneese (1977), Nijkamp (1970, 1980), Owen (1984), Senaca et al. (1974), Victor (1972), Bower (1979) and Lakshamanan et al. (1980). Schematic models are illustrated in Figures 2 and 3.

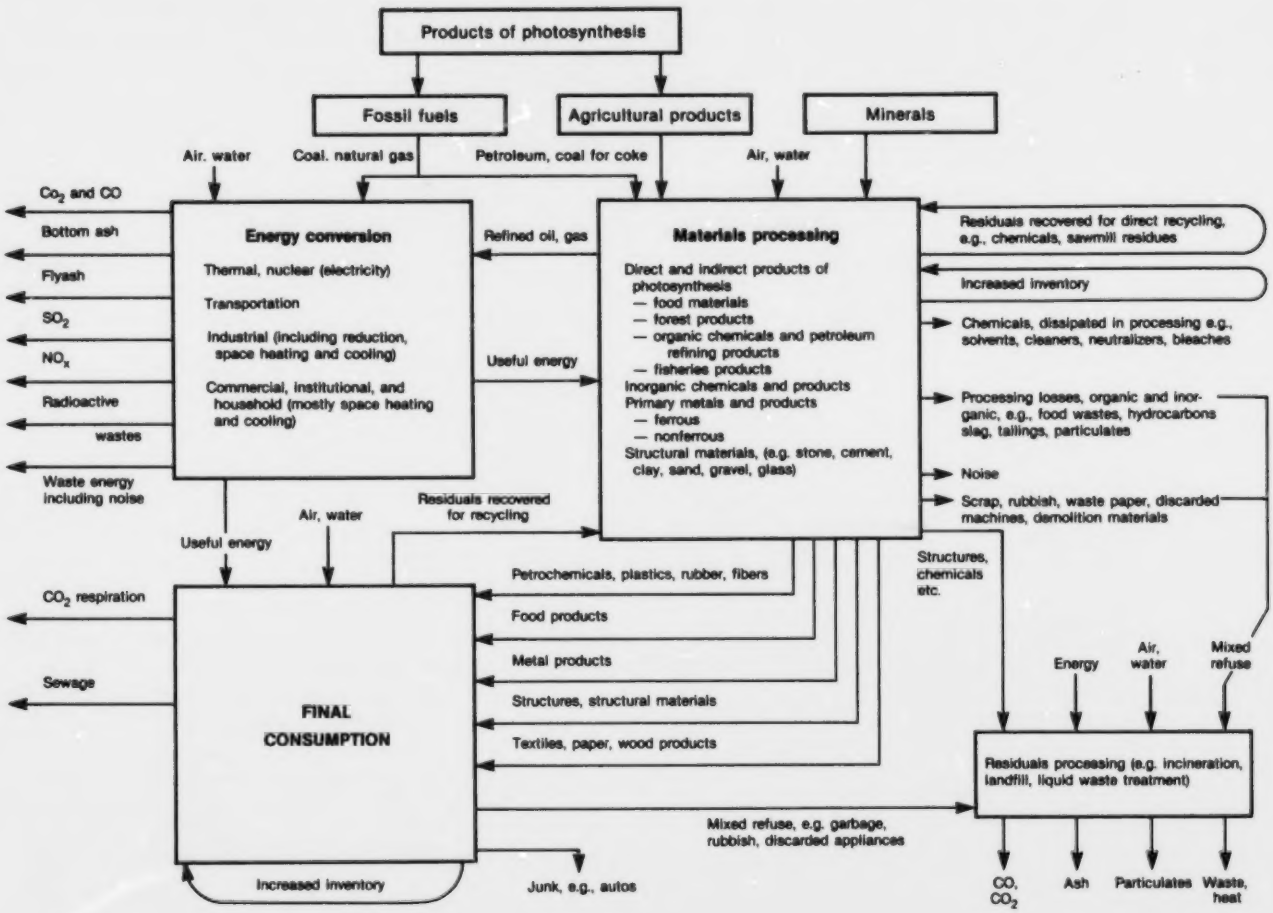


FIGURE 2
Materials and Energy Flows in Society
Modified from Resources for the Future, 1969 Annual Report, (Washington, D.C., R.F.F.) p. 26.

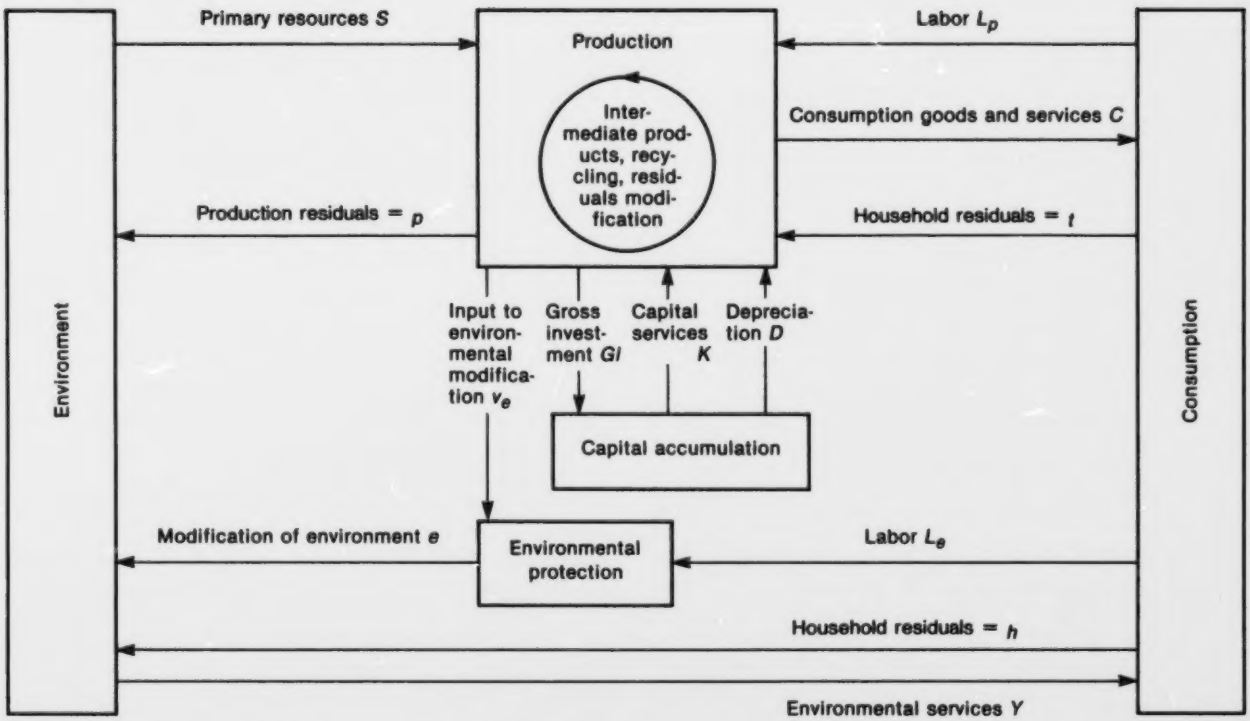


FIGURE 3
Model of the Flows of Materials
(From Kneese and Bower, 1979)

The concept of mass-energy balance is based on the first law of thermodynamics, otherwise known as the law of conservation of matter. Broadly stated this law holds that in spite of numerous transformation processes, no matter is created or destroyed in the course of extraction, production and consumption. Apart from transformations into energy, there is a physical balance between inputs and outputs in all transformation processes of a given system.

It can be deduced from this law of physics that each increase in the level of production of material goods in an economy will lead to:

— a corresponding increase in the requirement for natural inputs and energy from the environment; and

— a corresponding increase in the waste load on the absorptive capacity of the environment.

The neoclassical market economy treats common property resources as free and most raw materials as having relatively low per-unit values. As material and energy move from the environment through the economy in progressively more highly processed forms economic value tends to increase continuously. This increase in value occurs until the materials and products are "used up" or "worn out", and then returned to the environment as worthless residuals.

In the neoclassical economy, the value the system attaches to the inputs, as they are transformed, is derived from the utility the resulting products yield at a particular time to consumers. To continue to supply large quantities of high-utility, satisfaction-yielding products, the economic process must continuously expand the flow of raw inputs into the transformation process.

It is clear that a neoclassical market economy is likely to require permanent growth to achieve the objective of meeting continuously expanding consumer demand. Meeting this objective necessitates increasing the demand on the environment to absorb the resulting wastes. It can also be seen that the indestructible nature of matter constitutes a major obstacle to man's seemingly unquenchable desire to transform the natural environment into consumable products.

The problem of disposing of waste outputs is, in itself, very serious. However, it may not constitute the most serious limit to growth that faces modern industrial economies. The second law of thermodynamics (the entropy law) may be even more critical.

Entropy and the Economic Process

The classic depiction of economic activity as a circular process that can be understood as a self-sustaining mechanical system has serious deficiencies. It seems to deny that economic processes are directly related to the natural physical environment and dependent on it.

The first law of thermodynamics establishes that matter and energy cannot be created or destroyed. If this is the case, then just what does the economic process do? From a physical point of view, the economic process absorbs matter-energy and throws it out continuously. Some economists, such as Nicholas Georgescu-Roegen, would say that what goes into the economic process represents valuable natural resources, and what is thrown out is useless waste. From the viewpoint of the laws of thermodynamics, matter-energy enters the economic process in a state of "low entropy" and exits in a state of "high entropy".

The entropy law implies that matter and energy are found in two forms. The first is organized, structured, and ordered matter-energy that can be used or transformed into work or energy. This matter is called free or available energy. A lump of coal prior to burning contains available energy and is said to be in a state of "low entropy". However, when the lump of coal is burned it is transformed into an unorganized, chaotic form (dissipated heat and ash) that has no available energy and it is described as being in a state of "high entropy". This material cannot be further transformed by man into work or energy. As material-energy moves from low entropy to high entropy forms, its value for use by man is reduced or eliminated.

All matter-energy is involved in a process of moving from low to high entropy. Economic processes do not create this movement. It happens inexorably in nature, and man simply accelerates the rate of the entropic process. In a closed system, this process is irreversible. Only the introduction of additional low entropy energy from outside a closed system, such as energy from the sun, will permit reverses of the entropic process. Renewable resources (plant and other organic life) have an ability to achieve and maintain a constant state of entropy by capturing and converting low entropy energy of the sun. However, in order to achieve even a constant state, an organism must consume some low entropy energy from the soil or other source as well.

The implication of the entropic process for man's future, according to some theorists, is dramatic. The difference between non-renewable natural resources and renewable organic resources is the ability of the latter to renew themselves by capturing the sun's low entropy energy. Because these organic resources transform "free" low entropy from the sun, their supply is more dependable and long-term than the finite supply of low entropy mineral resources and fossil fuels.

The implications of the entropy laws are far-reaching. Since man's economic struggle centres upon using environmental low entropy material, the supply of this low entropy material is critical to the future of modern society. The *stock* of free energy of the earth is found in concentrated mineral deposits; the *flow* of free energy comes from the universe in the form of radiation, mostly from the sun.

"While economists are fond of saying we cannot get something for nothing, the entropy law teaches us that physical laws are far harsher. In entropy terms, the cost of any biological or economic enterprise is always greater than the product. In entropy terms, any such activity necessarily results in a deficit." (Georgescu-Roegen, 1971).

The dramatic growth of the industrial economy during the last 200 years has been fueled by low entropy, non-renewable resources (minerals and fossil fuels). This growth has been achieved, on the one hand, by developing the technologies to exploit these non-renewable resources, and on the other hand, by applying mechanized, capital intensive practices to harvesting our renewable resources. As a result, our dependence on the finite supply of non-renewable resources (particularly fossil fuels) has increased dramatically. At the same time, our renewable resources have been degraded despite their potential to capture the almost unlimited flow of energy from the sun.

The degree to which one should be concerned about the entropic nature of economic activity depends upon the stock of low entropy material at one's disposal, the time horizon one cares about, and the degree to which one believes that technological innovation will alter the transformation process and thereby forestall the exhaustion of scarce low entropy resources. It also depends on the degree to which one is concerned about the quality of life of future generations. This latter issue raises ethical and moral questions that neoclassical theorists have managed to avoid, but which others hold are unavoidable.

In view of the finite stock of low entropy non-renewable natural resources, the rate of degradation of organic natural resources, the global population growth rate, the consequent demand for ever-increasing inputs and processed products, and the resulting increase in waste outputs, there are reasons to be concerned that the vast stocks of terrestrial low entropy resources available to man may not be sufficient to sustain modern economic development for extended periods, e.g., another century. To sustain the present rate of economic activity, some of the variables such as population growth, rates of waste disposal into the air and water, and excessive production of non-essential consumer convenience products may have to be altered.

The adverse effect of continuous population growth has been clearly identified by many governments in lesser-developed nations. Industrialized nations have been slower to develop concern about global population growth. Technological advances in the industrialized countries have created an impression that innovation will always be capable of "fixing" the problem and that it thereby will allow society to avoid all unpleasant consequences of the entropy process.

In summary, thermodynamic theory states that the consequences of economic development involve use of low entropy matter-energy which cannot be re-used for alternative benefit. Therefore, the use of this matter-energy represents a loss of opportunity for future use. "Economic development through industrial abundance may be a blessing for us now and for those who are able to enjoy it in the near future, but it is definitely against the interest of the human species as a whole, if its interest is to have a lifespan as long as is compatible with dowry of low entropy." (Georgescu-Roegen, 1971).

What are the appropriate responses to the choices presented by the issues raised by "thermodynamic" theorists? Should man pursue goals of immediate material satisfaction and let the future take care of itself through "market adjustments", as neoclassical economic theory suggests? Or should he have a biological concern for the fate of the human species as a whole and adopt a pattern of economic activity that husbands low entropy resources for future use? Is industrial society hopelessly and irrevocably dependent on scarce non-renewable low entropy for life support, and at the same time hopelessly addicted to industrial luxuries?

The foregoing questions lead our analysis toward a larger set of moral and ethical questions which, in terms of assessing the nature and impact of economy-environment relationships, may lie at the heart of the matter. While one might prefer to avoid such considerations, the notion that these problems can be dealt with in a mechanistic manner simply by assuming that "market forces" will somehow resolve them, could be a form of self-selusion.

Georgescu-Roegen's main contribution, in focusing upon the entropy problem (1966, 1971, 1979, 1981), may well be that he has forced a rethinking and reconsideration of the purpose and nature of modern economic activity. Is it simply a process that transforms valuable natural resources into low value waste, or is it a process, as he suggests, the objective of which is not simply a flow of waste, but an immaterial flux: the enjoyment of life?

This suggestion raises philosophical questions concerning how economic activity should be organized: whether according to technological possibilities and unending production of non-essential material consumption — or according to a more complex set of objectives, including the interest of future generations, the balanced co-existence of all life forms, and the spiritual as well as material satisfaction of society.

These latter questions have been raised over the last century by a number of authors, including Adam Smith, J.S. Mills, T. Malthus, F. Soddy, K. Boulding, J.K. Galbraith, E.F. Schumacher, N. Georgescu-Roegen, H. Daly, J. Rifken and others. Many have to some degree alluded to the possibility of a stationary or steady-state economy.

Thermodynamics and the Steady-state Economy

The concept of the steady-state economy has been championed most energetically by Herman Daly (1973, 1979). It is an approach to understanding economic-environmental interac-

tion that is based upon the thermodynamic laws of conservation of matter and entropy. It incorporates in its paradigm the idea that "nature really does impose an inescapable general scarcity on man's economic activity" (Daly 1979) and that it is a serious delusion to believe otherwise.

The steady-state concept runs counter to neoclassical thought, which insists that man's technological advances have freed him from dependence upon the natural environment and, according to Robert Solow, that "thanks to the productivity of natural resources, increasing more or less exponentially over time, the world can, in effect, get along without natural resources" (Solow 1974).

Thermodynamic economic theory, on the contrary, insists that "life derives the whole of its physical energy or power, not from anything self-contained in living matter, and still less from an external deity, but solely from the inanimate world. It is dependent for all necessities of its physical continuance primarily upon the principles of the steam engine (thermodynamics). The principles and ethics of human convention must not run counter to those of thermodynamics" (Soddy 1922).

Modern economic theory defines economics as the study of the allocation of scarce means among competing ends. Those authors and theorists who criticize neoclassical precepts and paradigms have insisted we must re-examine and reconsider both the ends and the means involved in the economic process.

Daly (1979) argues that neoclassical economists' "excessive devotion to growth is a result of an incomplete view of the total spectrum of man's means and ends". This spectrum is conceived as depicted in Figure 4. At the top of the spectrum is the "ultimate end", something intrinsically good that is not derived from any higher good. At the bottom of the spectrum are the "ultimate means" available to man (low entropy matter-energy). Each intermediate category is an end to categories lower than itself, and a means to higher ends above itself. These intermediate ends and means are ranked in order, up to the ultimate end. Traditional disciplines of study related to a variety of these ends and means are listed beside the spectrum.

According to this view, traditional economic thought has concentrated only upon a portion of the spectrum. Absolute limits are absent from the growth economist's paradigm, because absolutes are only encountered at the poles of the spectrum. Ethics and technics only exist at the periphery of the area being examined. By concentrating only on intermediate means to meet intermediate ends, "the growth economist's vision is one of continuous growth in intermediate means (unconstrained by any scarcity of ultimate means) in order to satisfy ever more intermediate ends (unconstrained by any impositions from the ultimate end)" (Daly 1979).

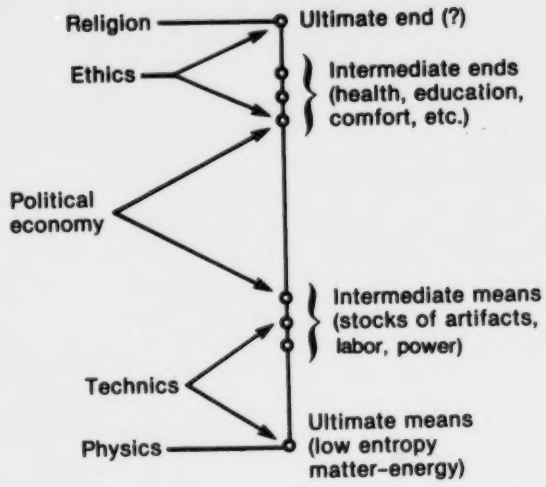


FIGURE 4
Spectrum of Ends and Means

Daly argues further that when one considers the poles of the spectrum, a different perspective emerges. In his opinion, this perspective forces two important questions:

— *What precisely are our ultimate means, and are they limited in any way that cannot be overcome by technology?*

— *What is the nature of the "Ultimate End"? Is there a point beyond which further accumulation of intermediate means not only fails to serve the Ultimate End, but has a negative effect in terms of achieving the Ultimate End?*

The answer to the first question, for the thermodynamic theorist, is "yes", as already given earlier. The laws of conservation of matter and the entropy laws constrain the "Ultimate Means" at our disposal. As technology increases order in one part of the universe, it creates an even greater amount of disorder elsewhere. If the elsewhere is on the sun, then perhaps we need not worry. If it is on earth, then we must pay attention.

"The throughput flow maintains or increases the order [low entropy] within the human economy, but at the cost of creating greater disorder in the rest of the natural world, as a result of depletion and pollution" (Daly 1979). There are, according to ecologists and other physical scientists, limits on how much disorder can be produced in the rest of the biosphere, while still allowing it to function well enough to continue supporting the human sub-system.

The thermodynamic theorists have suggested that our goal should be an economy in which technological development operates in recognition, and in accommodation with, the basic physical limits of all matter-energy. This goal, they say, would imply a non-growth, steady-state economic system.

The second question is one that modern economists have avoided assiduously. Ethics have been reduced and personalized down to individual choice, and questions of moral right or wrong have been ignored in the general equilibrium model of modern neoclassical theory. As much as we may want to avoid thinking about it, the question, "What is the 'Ultimate End' or purpose of our economic actions?", will not go away.

Subsidiary questions to this primary question include: Should we explicitly, in our statement of economic purpose, acknowledge respect for the evolutionary process? ...for the gift of self-conscious life? Should survival of the biosphere and its evolving processes be a stated priority? To what extent should evolution be influenced by man, and to what extent should it be left to occur spontaneously? Should present-day trivial wants and needs take precedence over future basic needs?

In addition to this line of thought, questions concerning the nature of material satisfaction and utility, which are the cornerstones of neoclassical theory, are unavoidable. Is there such a thing as "enough" in the material realm, and is enough better than more than enough? What is the purpose of unending growth if it doesn't even satisfy one of the most powerful of individual consumer motivations — that of status or distinction within society?

"When society has reached a level of affluence such that, at the margin, the relative wants of distinction are dominant, then aggregate growth becomes either futile, or the source of increasing inequality." (Daly 1974) At some point, according to this argument, growth becomes undesirable, even if still possible.

Awareness of the laws of diminishing marginal returns, which affect benefits and costs, combined with solid evidence that absolute scarcity of natural resources is real, should be enough to convince us that it is time to think about growth as a means to some end, rather than as an end in itself. "The fact that growth-induced disruptions of environmental services cannot be organized to occur in increasing order of magnitude is a major obstacle to economic calculation and suggests that a goal of "satisficing" rather than maximizing may be preferred" (Daly 1974).

This analysis led Daly and others toward the concept of a steady state economy that would attempt to consciously maintain some of the key flow and stock variables in the economy constant, or in a "steady state".

The steady-state economy has four main features:

— *a constant human population (births = deaths);*

— *a constant stock of capital equipment and tools (production just replaces worn and depreciated capital);*

— *the levels of the human population and stocks of capital equipment are sufficient to ensure a good life for a long period; and*

— *the rate at which matter-energy is used is maintained at as low a level as is feasible.*

In the steady-state economy the behaviour of the individual and society is characterized by: (1) *stocks* are "satisficed", that is, just enough are produced to ensure a good and abundant life; (2) *services* received from goods, others, and the environment are maximized; and (3) *throughput* is minimized given the constant stock (1). The steady-state theory considers *growth* as an increase in services received from increases in stock and throughput. *Development*, on the other hand, is defined as increases in efficiency ratios (services/stocks), with stocks remaining constant.

Evolutionary Economics — A New Synthesis

For many years, one of the most honoured and distinguished social scientists of this century has, in his writings, sought to expand understanding of the problems of political economy and social welfare. During his career, Kenneth Boulding has been a non-conventional economic thinker who has inspired both Georgescu-Roegen and Daly. In his recent book, "Evolutionary Economics", Boulding has woven the threads of the issues described above into a larger construct, whereby economics and economic process are seen as extensions and reflections of the complex evolutionary process which dominates the living world.

"Economic life is a subset and a fairly large one at that, of total human activity in history. We should expect it therefore to follow general principles which govern the evolution of humans and human society. We can think of economic goods, therefore, as part of the general ecosystem of the world. Any good with an existing stock clearly has a niche of some sort, however temporary. Then ecological interaction provides a selective mechanism" (Boulding). Attitudes of humans toward these goods will have a powerful effect in determining whether a niche for a good will remain in the system.

Accordingly, by analogy to biological evolution, mutation in economic goods consists of the invention of new ones. Some goods survive if they find a niche; others do not survive. In the case of economic goods, the ecological interaction is mediated strongly through the price system. However, some features of economics such as interest rates, unemployment, labour markets, and inflation have no counterpart in the biosphere.

Boulding feels that the evolutionary perspective can be extremely illuminating in explaining the ongoing processes of economic life and the nature of the political and social environment.

"Economics has rested too long on the essentially Newtonian paradigm of mechanical equilibrium and mechanical dynamics."[2] Boulding feels that beginning with Adam Smith, Thomas Malthus, and Alfred Marshall, an evolutionary approach was suggested. It was only when the mathematical orientation of Walras and his successors began to dominate economic literature that the evolutionary insight was lost. In fact, it was early economic thinking that stimulated Darwin concerning human evolution (Adam Smith and Thomas Malthus).

Boulding reviews virtually every question posed by conventional economic theory concerning price mechanisms, interest, labour value, production functions, growth equilibrium, entropy and the steady state, etc. He very persuasively posits a theory according to which economic activity is analogous to dynamic biological processes in which complex organisms, with their inherited genetic characteristics, grow, expand, age, mutate, reproduce, and evolve.

The mathematical mechanisms of the neoclassicists, and the limiting laws of nature held up so forcefully by Georgescu-Roegen et al., are not denied, but incorporated into an elegant and convincing parallel to the biological world.

The new paradigm that Boulding presents is worthy of thorough review and consideration. It appears to offer a way out of the narrow intellectual cul-de-sacs of both traditional neoclassical and so-called "radical" thermo-dynamic economic theory. Its logic may provide a basis upon which a more adequate and sophisticated analytical base can be developed to understand and explain the complex nature of economic and environmental interactions.

Conclusion

The foregoing review of economic thought and its theoretical foundations, principles and paradigms serves to highlight just how deep and treacherous are the waters of environment-economy relationships. The nature of man's political and economic organizations, the nature of the physical world, and the moral and ethical paradigms being adopted, are all elements determining these relationships. If one attempts to deal partially or with only a selection of these elements, ignoring others, one is deluding oneself and will certainly derive answers that will not prove adequate, and may be quite contrary to society's interests.

The necessity of dealing with all these elements does not mean that it is impossible to proceed. It means only that analysts, policy advisers, and decision-makers must not shrink from the larger general questions, of which a specific problem is only a sub-set. Since our society has tended to avoid such questions, this requirement may at first seem awkward and novel. However, its value is undeniable. Unless we can test our analysis and policy proposals against the larger questions of society's broader long-term purpose, and against ethical and moral principles to which the society supposedly adheres, we are bound to cause our patterns of economic activity to follow irrational and erratic paths in terms of society's well-being.

Economic analysis is not simply an exercise in quantification and mathematical calculation. It is the exercise of defining the nature and purpose of social organizations, political economy, and human welfare. The array of factual information, technical data, and econometric technique will not yield insight unless the investigator understands what his purpose is and why he is examining the question.

While this review is not by any means a comprehensive treatment of all relevant issues, it serves to reveal the importance of additional effort, by all those individuals and institutions involved, in analysing and formulating environment-economy policy. It would be irresponsible and dangerous to leave the fundamental bases, assumptions and paradigms, upon which policy is formulated, to be debated among only a few theorists — theorists who have often succeeded in obscuring the most important issues rather than illuminating them. The future of modern industrial economies may well depend upon more enlightened participation of informed leaders and citizenry to guide their actions in this respect.

The following section proposes an analytical framework which should prove useful when considering specific environment-economy issues.

---

2 Boulding, K.E., Evolutionary Economics, (California 1982), p. 17.

AN ANALYTICAL APPROACH FOR ASSESSING ENVIRONMENT-ECONOMY INTERDEPENDENCIES

Introduction

The review of economic theory and concepts in the preceding chapter identified some of the limitations of the traditional neo-classical economic approach in analysing economy-environment relationships. There is obviously a need to adopt a more complete analytical approach that accounts for materials flow, residuals, externalities, consumer preferences, and other effects arising from the linkages between ecological systems and economic systems at different spatial levels. There is also a need to integrate environmental and economic aspects so that a comprehensive picture of the effects of alternative policies and actions can be developed.

In the last decade, research into a more comprehensive analytical approach has been accelerating. A growing body of scientists, engineers, economists, environmental planners, and others have collaborated to better define the dynamics of environmental-economic social activities at different levels (regional, national, and international). The primary technique for conducting these analyses has been the use of models. Some of the models are conceptual, while others are operational representations of real economies. They have been developed with the hope of improving the quality of environmental-economic-social decision-making.

The object of much of this recent research has been to estimate the consequences of a particular set of policies on the level of consumption and output of goods and services, and on pollution emissions and other aspects of environmental quality. These consequences, calculated through a process of estimating and valuation techniques, provide a measure of the societal benefits which result. This modelling process, when repeated for various assumptions regarding policies and future states of technology or resource supply, can be used to compare policies or action plans, and can provide a basis for choosing the most desirable alternative.

In the last several years, a number of economy-environment-energy models have been built around this framework at national and regional levels. These models, given the complexities they encompass, are necessarily elaborate and combine elements of methodologies from many disciplines. Some models reflect the cooperative endeavours of social scientists, engineers, and physical scientists, and use a combination of techniques such as econometrics, optimization, and physical processes. The result, despite various limitations, is increasing ability to assess complex aspects of economic-environmental interaction.

It should be noted that no model can be all-encompassing when dealing with such a vast array of variables and interactions. For this reason analysts often chose to focus their efforts on specific relationships, specific spatial areas, or on specific time frames (e.g., the long-run or short-run). Efforts are now being made, especially in the U.S., to link various sub-models to better describe the overall systems and how they work.

Co-operation in these efforts is international, particularly between North American and European academics, scientists and policy makers. In 1980, a conference was held at the Netherlands Institute for Advanced Studies in the Humanities and Social Sciences (NIAS). The purpose of the conference was to discuss modeling research and policy analysis as they apply to economy-environment-energy system interactions. A brief review of the research techniques discussed, and of some developed since this conference, indicates the range of analytical tools currently available, and serves to highlight some of the limitations and obstacles that occur when one attempts to define or quantify these complex relationships.

The following analytical techniques were reviewed and are summarized in Annex 1:

— *Input-Output Analysis*

— *Materials Balance and Ecological Systems Models*

— *Integrated Environmental Impact Analysis*

— *Integrated Environmental Modelling*

— *Cost-Benefit Analysis*

— *Multi-regional Economic-Environmental Models*

— *Multi-layer Projection Model*

A Systematic Approach to Economic and Environmental Policy Making

The review of analytical techniques revealed clearly that no single formula or set of equations provides an easy or simple method to determine the "right" or "correct" action or policy for specific economy-environment questions. Each technique developed thus far has limitations in its scope or ability to adequately quantify and relate relevant factors. None of the quantitative techniques can, of course, answer the qualitative questions raised in Chapter 2.

It is, however, possible to develop an analytical approach that will both allow policy analysts, planners and decision makers to better understand the complexity of the problem, and enable them to further appreciate some implications of various policy and action alternatives. Such an analytical approach should require the investigator to deal rigorously, in

an organized sequence, with the subjective (qualitative) aspects, the theoretical aspects, and the technical (quantitative) aspects of the problems or questions being considered. Further, it should also provide some methodology whereby these aspects can be synthesized to ultimately form the basis for policies and actions.

Fortunately, a substantial amount of research has been completed on problem-solving systems and approaches (systems analysis). Therefore, establishing a conceptual framework is reasonably straightforward. If the exercise ultimately includes an analysis of the impact of actions, then the analytical approach should include the following principal components: [3]

1. *A description of the problem setting:*

   The set of physical, technical and institutional systems which constitute the problem setting.

2. *A set of policy or action alternatives:*

   These describe the assessment framework.

3. *An analytical model (or set of models):*

   These models in some form emulate the interactions of variables in the problem setting.

4. *A data structure or data set:*

   This set describes the characteristics of the variables and component systems incorporated in the analytical model.

5. *A set of evaluation criteria:*

   These criteria establish the basis for measuring the system's performance.

   The preceding components are essential to all impact analyses, and should be included in any systematic approach to considering economic and environmental system interactions. Figure 5 depicts schematically an approach to analysing the impact of particular policies or actions on the environment and the economy. It can be seen that the principal components are organized in a sequence that provides for an iterative analysis incorporating modelled information, policy alternatives, and evaluation criteria. Briefly, the principal components of this schema are:

Problem Definition: The definitive sequence for any problem-solving system requires a first effort to describe the problem. In most complex cases, this effort becomes an interdisciplinary undertaking aimed at providing information describing the "systems" that affect the defined or stated problem. Understanding and describing the problem environment are essential to developing a proper analytical procedure for assessing policy impacts. This step provides the basic framework for developing more elaborate modelling and analysis.

Policy or Action: With the physical, technical, economic and institutional environments described, the policy or action alternatives to be analysed must also be defined. These alternatives are analysed to determine the location and level of interaction with each of the previously defined physical systems. For example, a water development policy might result in an increased water supply. A water conservation policy might achieve the same goals through providing cost-reducing incentives to encourage adoption of more efficient technologies. This step must be thorough, since many initiatives interact to provide complex alternative sets of conditions.

Analytical Model: The development of analytical models is assumed to incorporate, in mathematical or other form, both a theoretical and methodological knowledge of the problem and its environment, and a knowledge of the alternatives being considered. The model may take many forms — from simulation to optimization, to a simple enumeration of alternatives. In cases involving economic analysis, it is assumed that relevant economic theory is incorporated. The analyst must consider feasible solution procedures when developing the analytical models. The previous review of economic theories indicates that contrary viewpoints on fundamental economic principles could well result in quite different conclusions being rendered from this exercise, depending upon the theoretical basis adopted.

Data and Information Base: The database is the most important item in developing systems that examine policy alternatives on a regional basis. To adequately define the physical, technical, ecological, and economic complex within which an analysis takes place, data must enumerate, so far as possible, the technical alternatives, resource variability and availability, and the interrelationships between them. This process must be consistent, flexible and timely.

The purpose of the analysis and the analytical modelling techniques chosen will largely define the data and information base requirements. It is not desirable to have the database structure or data availability dictate the analytical approach because in some cases, inappropriate aggregation of data can defeat the purpose of the analysis. Avoiding such aggregation is of particular importance in regional studies where it is essential to separate information into observable sets that describe regional factors, as opposed to national factors.

Evaluation Criteria: The results predicted by the model of the policy options under consideration should be compared using appropriate, consistent and explicit criteria.

[3] Adapted from Rinaldi and J.C. Wade (1981)

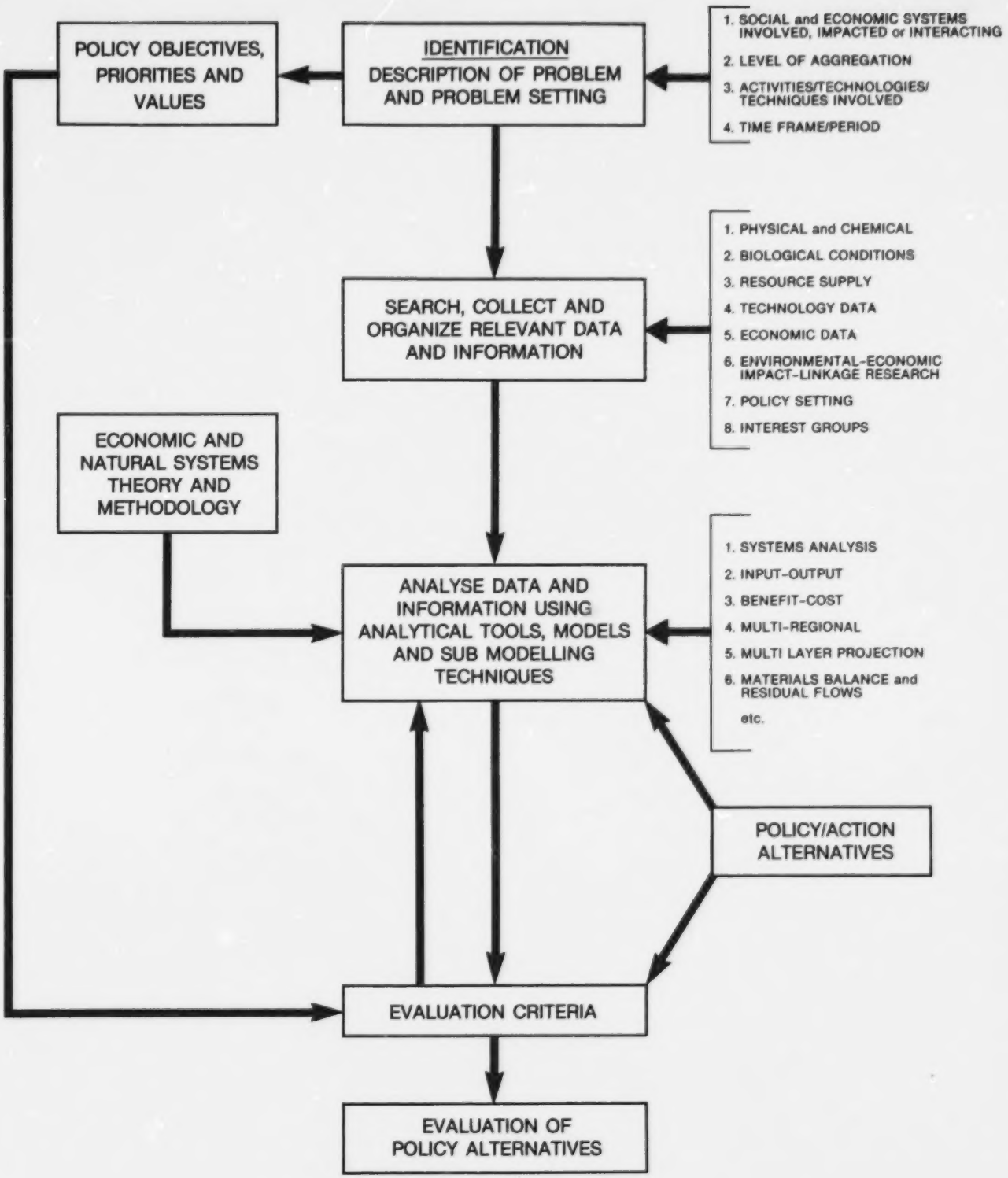


FIGURE 5
A Schematic Diagram Identifying Principal Components of a Systematic Impact Analysis

Application of the Integrated Approach

Efforts to address environmental-economic problems will be more efficient and productive if a systematic approach is adopted to organize the objective, the data required, the methodology to be used, the policy or actions to be considered, and the criteria by which alternatives are to be judged. The use of an approach as described in Figure 5 should assist in the assessment of what have been termed "wicked" problems (see Rittel and Webber 1973). This term acknowledges the difficulty of solving problems characterized by pervasive complexity and uncertainty.

By adopting and applying the integrated approach, the questions are dealt with in a sequence and hierarchy that allow one to better appreciate the core of the problem, issue, or question at hand. This approach also makes it possible to identify just where, in the problem solving sequence, each task fits, and where there are interdependencies within the analysis. It is clear, for example, that a search for data cannot proceed unless one has defined the problem and the problem set.

The following elements have been identified as necessary to begin an analysis of real current issues.

Problem Definition

The problem statement should, to the extent possible, indicate the following:

1. *The systems involved:*

   — social
   — political
   — environmental
   — economic

2. The level of aggregation of the analysis:

   — international/global
   — national
   — regional
   — provincial
   — local

3. *The technology or activity involved:*

   — modification of natural regimes
   — land transformation/construction
   — resource extraction
   — processing
   — transport traffic changes
   — waste replacement or treatment
   — recreation
   — accidents
   — etc.

4. *The time frame of the analysis:*

   — past
   — present
   — future (short-term)
   — future (long-term)

Once the problem set has been defined and described, possibly with the involvement of multidisciplinary expertise and some of the parties affected by the question, it is possible to proceed to search, collect, organize and assess the data and information readily available. The data required will, of course, depend on the methodology chosen. Therefore, methodology must be considered at this time. It should be noted that adequate data to analyse these problems is often not available, so that a major data collection effort becomes necessary.

Data and Information Search

It is suggested that data and information relevant to environment-economy questions and issues should be subdivided into a number of distinct categories. This set of categories could include the following:

1. *Physical Characteristics:*

   — earth
   — water
   — atmosphere
   — processes

2. *Biological Systems:*

   — flora
   — fauna

3. *Resource Supply* — land use estimates, potential and variability data

4. *Activities and Related Technologies*

5. *Economic Data* (costs, values, production data, etc.) for:

   Primary Industries:
   — agriculture
   — forestry
   — fishing, hunting, trapping
   — mines, quarries, oil wells

   Secondary Industries:
   — manufacturing
   — construction
   — electrical power, other utilities

Tertiary/Service Industries:
- transportation
- communications
- wholesale and retail trade
- finance, insurance, real estate
- business and personal services
- travel and advertising

Public Sector:
- expenditures
- revenues

6. *Demographic Data (Census)*

7. *Related Studies and Research:*
   - case studies
   - impact assessments
   - analytical models

8. *Policy Setting (Existing):*
   - related legislation
   - regulations
   - rules
   - jurisdictional definitions

9. *Interest Groups and Affected Population:*
   - surveys
   - polls
   - research
   - representations, briefs and litigation

Grouping data according to the categories suggested, or in some similar fashion, should allow for ready identification of data gaps and incomplete information. At this stage, a major decision must be made on the costs of undertaking additional data collection, the extent of further data collection, and the type of data required. Inherent in this decision is a judgement about the consequences (cost) of not collecting the data, not completing the analysis, and not taking informed policy actions.

This is not to say that efficient and cost-saving alternatives should not be considered. Depending on the question involved, innovative, non-quantitative approaches may be applicable, e.g., principled bargaining techniques (Dorcey). In almost all cases, however, a certain amount of quantitative data will be required.

One of the benefits that would come from a systematic review of important environment-economy issues in Canada is an identification of the key data at various levels (local, regional, etc.) that should be continuously collected to provide consistent data bases. These data could be used to examine specific issues in specific regions of the country (see Annex 1 regarding U.S. Integrated Regional Modeling projects).

The following chapter describes the approach used during this study to search for existing environment-economy data. Annex 2 includes the results of preliminary searches for data and information concerning a sample set of environment-economy issues that are currently relevant to Canada. While this preliminary effort revealed serious data deficiencies and structural problems in the databases sampled, the application of the suggested approach has proved very helpful in the search process. On the basis of this experience, it is recommended that an approach such as this be adopted in future research efforts.

SEARCHING FOR ENVIRONMENT-ECONOMY INFORMATION

An abundance of literature on environment-economy interactions exists, but the researcher seeking such data must be aware of both the avenues and the obstacles to finding the information. Pitfalls and difficulties in locating environment-economy data should be taken into consideration before beginning the search process. Difficulties occur for the following reasons:

— The concept of environment-economy interactions is very broad and spans a number of professional and scientific disciplines, for example, biological sciences, agriculture, economics, and industrial management. This requires a great deal of "lateral thinking" when searching the literature and databases.

— Much of the information on this subject is found in the "grey literature" — meaning unpublished government and industry studies, conference proceedings, consultants' reports, and other sources not always accessible through conventional library or database literature searches. Researchers should be prepared to use more "unorthodox" means to identify and obtain this type of information, including telephone enquiries and written requests to individuals, government agencies, or organizations working in the relevant area.

A Review of Sources

Published literature is comparatively simple to locate using either manual library searches, or through bibliographic computer literature searches. Each method of searching offers some advantages, and both should be used to obtain the most comprehensive subject bibliographies.

Manual Literature Searches

A manual search refers to the traditional library literature search involving the use of library catalogues, special indexes to periodical literature, subject bibliographies, and regular scanning of key journals in the subject area. Key environmental library collections in the Ottawa area include the Canada Institute for Scientific and Technical Information, Environment Canada's network of libraries, and the Carleton University. Major indexes and abstracting publications covering environmental publications are Environment Abstracts, Environment Index, Government Reports Announcements (U.S. National Technical Information Service), and Pollution Abstracts. However, the searcher should be aware that other indexes, in related fields, may also provide useful information; for example, a search of Forestry Abstracts would be useful for obtaining information on the impact of acid rain on forest resources. Similar subject indexes exist for most scientific disciplines. (Note that an increasing number of printed indexes and abstracting publications correspond to bibliographic computer databases, and can be accessed by either means.)

Bibliographic Computer Database Searches

Bibliographic computer databases have proliferated at a rapid rate over the past decade, largely in an attempt to deal with the tremendous increase in the amount of published scientific literature. A database search can quickly provide a researcher with an extensive subject bibliography. While some general concepts apply to bibliographic databases, there is a great deal of variation among the individual databases. An understanding of three things is required to obtain useful results from on-line (computer) bibliographic database searches:

— an understanding of the subject to be searched, and of how this subject can be broken down into concepts, keywords or phrases, and their synonyms;

— an awareness of both the on-line search "strategy" for carrying out a database search, and what databases can and cannot provide; and

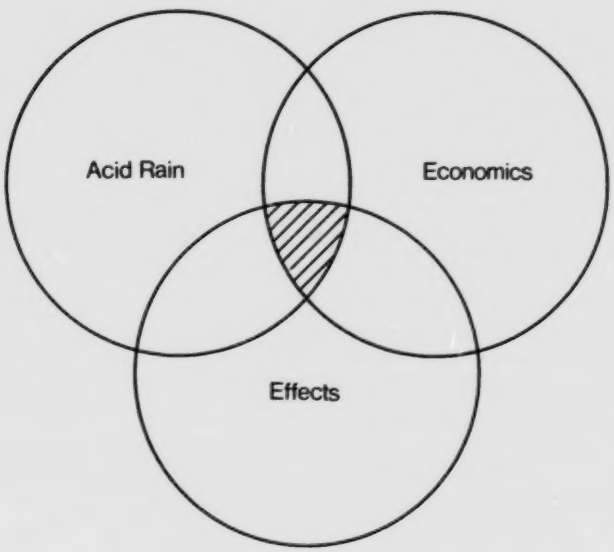
— the unique features of the database(s) chosen for the search, including the subject and time coverage, document-type coverage, and searching techniques and restrictions.

Basically, an on-line search is a search of a computerized index. As with a printed index, the particular topic of interest is accessed through subject headings, or in the case of databases, through "keywords", "descriptors", or "identifiers". (these may be single words or phrases.) One of the main advantages of on-line database searches over printed index searches, is that keywords can be used in a number of combinations using the Boolean operators, "AND", "OR", or "NOT". These allow the search to be defined more precisely than is possible in a printed index, in which only one term at a time can be searched.

Boolean operators can best be visualized diagrammatically. For example, if the search topic is "economic effects of acid rain", the search terms or keywords might be broken down into groups of concepts and their synonyms as follows:

Concept A	*Concept B*	*Concept C*
acid rain	economy(ics)	effect(s)
air pollution	socio-economics	impact(s)
		cost(s)

In the database search, the term "acid rain" will retrieve a set of references containing this term either in the title, or in the descriptor, identifier, or abstract field. (Any of the fields may be excluded from the search. Often it is useful to eliminate the abstract field, as too many general references may appear.) A set is compiled for each search term. The "OR" operator is used to link the synonyms for each subject before the different concepts are linked with "AND". When the terms are combined using the operator "AND", the result will be a subset of these references, i.e. only the references that contain all three terms.



The shaded area in the diagram above represents the references that contain all three search terms and, therefore are most likely to be relevant to the subject. (To keep the diagram simple the synonymous terms are not shown.)

The "NOT" operator can be used to exclude terms, for example, "pollution not water pollution".

Each database to be searched for references must be considered individually. A single search strategy may not be appropriate for all databases, even though the subject remains the same. Different strategies are called for because of the variable structure and coverage of databases. Databases vary in the following ways:

— *Dates of coverage:* Some databases cover literature dating from the 1960's or earlier, while others do not cover material published before 1970. Some databases are updated frequently (some monthly), while others are as much as two years out-of-date.

— *Subject areas:* Most databases have a subject specialization, for example, agriculture or business. However, because scientific subjects are somewhat interrelated and interdisciplinary, it is often necessary to consider a wide range of databases to obtain comprehensive coverage. For instance, a search on the topic "the economic effects of acid rain" might include environmental, business, economic, and general (i.e., newspaper and media) databases. Each database will cover different sources of information on the topic.

— *Document coverage:* In general, database searches are useful for data published in standard sources such as journal articles, published conference proceedings, and government/institutional reports. Databases vary considerably in coverage of other materials, for example, monographs, consultants' reports, special studies, and corporate research. Some databases cover only a specific type of publication. For example, NTIS includes only government sponsored research, and Infoglobe covers only articles published in the Globe & Mail newspaper.

— *Special features:* Databases are published by a variety of commercial/ institutional organizations. Each database uses different indexing terms or thesauri and different formats for their references. Some allow the searcher to limit searches in a number of ways, for example, to items designated as "major" materials; to specific types of materials, or to a particular geographic area. The capabilities of each database must be evaluated and incorporated into the search plan to obtain the most relevant references. Database suppliers publish brief guides to their databases. These guides show the special features of each database, and reference should be made to the guide when planning a search. Publishers also issue detailed instruction manuals for their databases. It is useful to obtain the manuals for frequently searched databases, as they provide information on the methods of indexing and subject terms, as well as techniques for searching, and for sampling searches.

Some databases likely to be useful in searches concerning environment-economy interrelationships and related subjects are listed below. Brief descriptions and notes of special features are included.

Database	*Dates of Coverage*	*Description of Coverage*	*Features*
(Dialog databases)			
Agricola (Files 10, 110)	1970-present	Produced by the U.S. Department of Agriculture. This database is an international index to agriculture-related publications, including agricultural economics.	— some abstracts — language limit — thesaurus and user's aids available
APTIC (File 45)	1966-78	Air pollution references, including economic impacts. Produced by the U.S. Environmental Protection Agency. Useful for non-conventional literature, but only for this limited time span.	— abstracts — language limit — thesaurus available
CAB Abstracts (File 50)	1973-present	This database is produced by the Commonwealth Agricultural Bureaux and offers worldwide coverage of all fields of agricultural science.	— abstracts — category limits — user's aids available
* Canadian Business & Current Affairs (File 262 — soon also available on CAN/OLE)	1980-present	170 Canadian business journals and 10 newspapers are indexed for "business perspectives" on industry, economy, government policy, etc. A current affairs database.	— no abstracts
Dissertation Abstracts Online (File 35)	1861-present	U.S. and some Canadian dissertations and theses. All areas of science, economics, and humanities are included.	— abstracts for post 1980 references
DOE Energy (Files 103, 104)	1974-present	Information on energy-related issues, including the environment, policy and economics of energy. Compiled by the U.S. Department of Energy, it includes journal articles, conference papers, dissertations and translations from international sources.	— limits by major descriptor — abstracts — indexes of special terms, i.e. popular terms — user's guide & thesaurus available
**Economic Literature Index (File 139)	1974-present	260 economics journals and approximately 200 monographs are monitored annually. Includes information on economic growth, planning, urban and regional economics, and natural resources.	

Database	*Dates of Coverage*	*Description of Coverage*	*Features*
**Economic Abstracts International (File 90)	1974-present	International coverage of economic research, including theory and public policy. Approximately 50% of coverage is devoted to European sources.	— descriptor codes — no abstracts
Energyline (File 69)	1971-present	Covers all aspects of energy, including environmental and economic issues. Conferences, journals, government reports, and monographs are included.	— abstracts — major/minor limits — user's manual & thesaurus available
**Enviroline (File 40)	1971-present	International environmental issues are covered. More than 5,000 primary and secondary sources including government reports, journals, conferences, newspapers, films, and monographs are covered.	— abstracts from 1975 to date — major/minor limits — review classification — user's manual available
**Environmental Bibliography (file 68)	1973-present	General human ecological environmental research. Only journals (over 300) are indexed.	— no abstracts — vocabulary aid available
**Life Sciences Collection (File 76)	1978-present	A general life sciences database that includes environmental/ecological studies from a broad range of sources.	— language limit — abstracts — thesaurus & user's guide available
**Magazine Index (File 47)	1959-1970, 1973-present	Interdisciplinary database covering approximately 450 popular magazines for general reference use. Covers current affairs, environment, economics, business issues, etc. (Latest months reference are included in Newsearch database, File 211).	— no abstracts — full text of some articles available in File Magazine AESP — thesaurus available
Management Contents (File 75)	1974-present	Business and management related subjects covering policy and planning and decision-making information for industry and government.	— abstracts — descriptor codes

Database	*Dates of Coverage*	*Description of Coverage*	*Features*
Medline (Files 152, 153, 154)	1966-present	Covers literature on all areas of biomedicine. Over 3,000 journals are monitored regularly. Some coverage of monographs is given.	— abstracts — can be limited to human/non-human subjects — major/minor limits — thesaurus
Occupational Safety and Health (File 161)	1972-present	Over 400 journals are regularly indexed, and 70,000 monographs are included in this database dealing with the work environment.	— abstracts — language limit
**Pollution Abstracts (File 41)	1970-present	Covers all areas of environmental quality.	— abstracts — descriptors and added terms — language limit — user's guide & thesaurus
SciSearch (Files 34, 87, 94, 186)	1974-present	A multi-disciplinary index to science and technical literature, including environmental sciences.	— no abstracts — language limit — article/non-article limit
Social SciSearch (File 7)	1972-present	A multi-disciplinary database that indexes over 1,500 social science journals and additional monographs and journal sources internationally. Economics literature is included.	— no abstracts — language limit — article/non-article limit
(Can/Ole Databases) **NTIS (National Technical Information Service) (Also available on Dialog)	1964-present	A multi-disciplinary index to U.S. government sponsored research from over 300 agencies. Environmental and socio-economic literature is included, and some non-U.S. government reports available for sale from NTIS are also included.	— abstracts from 1982 — environmental microthesaurus available

Database	*Dates of Coverage*	*Description of Coverage*	*Features*
* ELIAS (Environment Libraries Automated System)	1976-present	This database indexes the library holdings of 15 Environment Canada libraries. Monographs, serials, conference proceedings, and reports are included.	— no abstracts
* OON (Canada Institute for Science & Technical Information Catalogue)	1978-present	This is the catalogue of the national science library in Ottawa. Monographs, conference proceedings and technical reports in all fields of science are included.	— no abstracts
* Electric Power Database (QL Systems Databases)	1972-present	Covers research in the U.S. and Canadian electric industry, including economic/environmental studies	— abstracts
* Canadian Environment **Database (CENV)	1970-present	Contains over 65,000 references to scientific, technical and general articles on all areas of the Canadian environment. Journals, proceedings, and government reports are covered.	— abstracts — geographic limits
(Globe & Mail Database) * Infoglobe	1977-present	This database indexes articles in the Globe & Mail newspaper. General media coverage of the Canadian environment/economy is included.	— full text of articles available on-line

* Indicates Canadian content is emphasized in the database.

** Designates primary databases for this topic. Others are also likely to have useful information but should be searched after, or in conjunction with, the main subject area databases.

Preliminary Searches of Selected Databases

To make a preliminary assessment of the type and form of information that is readily available to Canadian researchers, searches of several selected databases were completed. The results from these searches were mixed, because wider ranging, more specific searches of many data sources (both published and unpublished) are required to complete an analysis of a particular issue or question. There are some observations, however, that can be made on the basis of the "sample" searches.

The application of the analytical approach proposed in the preceeding chapter (i.e., specifying the systems affected, time frame, spatial context or aggregate level, activities, and technologies involved) was of considerable assistance in collecting relevant data. The usefulness became apparent when the search strategy was being designed. The point to note, is that one must know what one is looking for before data or information is sought. Searching for information without a clear purpose or analytical rationale will not contribute either to understanding a subject, or to drawing informed conclusions.

An important finding of this review of environmental-economics literature and techniques concerns the unique nature of environment-economy relationships. This uniqueness implies that the application of findings of similar or related research that is based on one set of circumstances, at one location, at one time, and which perhaps involves different technology, will not necessarily be appropriate to solving a related problem elsewhere. There are, of course, many benefits to be gained by reviewing similar research efforts completed elsewhere. The experiences, findings and conclusions of this research can be of great assistance to researchers who want to frame properly the research questions that they wish to examine. In most cases, however, such conclusions or data should not be used to draw direct conclusions concerning different environmental-economic problem sets.

Searches for Publications Concerning the Subject of Environment-Economy Interrelationships, Linkages, Effects, etc.

These searches were undertaken to get a "feel" for the quantity of publications and information available, and an indication of the type of information included. The searches were completed on the following databases:

— *Enviroline*

— *Magazine Index*

— *Economic Literature Index*

— *N.T.I.S. U.S Department of Commerce*

— *Environment Canada: Departmental Library*

Two particular observations were made, based on the output of these searches: (1) the subject is so diverse that specific topics within the field include a mix of general and theoretical treatments; and (2) there was also an indication, from this sample, that economics-oriented databases may provide more specifically applicable input to the problem in terms of quantitative data. The organization and character of the databases searched were quite variable and, therefore, no broad generalization can be made about their content.

Sample Searches Using Sample Environment-Economy Issues or Problems

A selection of databases including Environment Canada Departmental Library, Enviroline, and Pollution Extracts were used to test the use of the systematic approach discussed in Chapter 3. A set of problem descriptions were defined and searches conducted for the first example (economic effects of soil erosion) according to a comprehensive set of headings. Five other examples were searched less exhaustively, because it was found that the specification of comprehensive categories was too broad for the purpose of "targeting" specific information. It should be noted that this problem is one that must be resolved database by database, due to their non-standard design.

A report on the results of the searches is presented in Annex 2. Only two sample print-outs have been included in the final version of this report. Photocopies of the others are available on request. The samples included indicate the approach used and the kind of results that can be expected of database searches in this subject area.

CONCLUSIONS AND FUTURE RESEARCH NEEDS

Conclusions

This brief research project has established several points that provide a starting point for future work in the area. They include:

1. The interdependencies found in society, involving economic activities and environmental systems and sub-systems, are complex and pervasive.

2. The traditional neoclassical economic theoretical framework, based upon individual preferences and utility, market dynamics and income flows, etc., is not sufficient to understand the interactions and interdependencies between particular economic systems and environmental systems.

3. Various methodologies have been developed and used in recent years to create analytical models to explain the linkages and interdependencies between environmental quality and economic performance. Each of these has limitations, but there has been a general trend toward greater integration and linkage of individual systems or sub-systems to form more realistic representations of reality.

4. For analysis of interdependencies to yield meaningful, applicable results in the form of policies and other actions, the analysis must be completed at a level of disaggregation that permits separation and identification of the roles played by various major factors. Therefore, analysis of a river basin or other regional level unit is likely to yield more insight than larger aggregations of data. Analysis at the national level for a country the size of Canada will not provide the information required to separate the distinct and different effects and consequences that occur across 8,000 kilometers of geography.

5. Analysis of questions of environment-economy interdependency and policy impact requires a systematic analytical framework that includes:

   — problem definition and description;

   — data collection and organization;

   — analytical models and related theory;

   — testing and comparing policy alternatives; and

   — evaluation criteria.

   This approach will assist policy makers, researchers and lay persons in deriving useful insights, and will contribute to more informed judgements regarding particular policy choices or action plans.

6. The published databases provide a vast array of information, but the information and data require sorting and evaluation to determine their usefulness in analysing specific Canadian interdependency questions. There is a need to complete a region by region review of data that are basic to environmental-economic system analysis in Canada.

7. Progress has been made in the areas of multi-objective analysis, conflict analysis and negotiated resolution of issues between various interest groups in society, i.e., environmental-economic conflicts and competition. In view of the likelihood of continued data gaps, and the unquantifiable nature of some of the factors involved, these techniques and theories may play an important role in the resolution of particular resource-user conflicts in the future.

A summary list of research that should be considered follows. It is clear that the review just completed does not adequately describe the status of all similar, relevant research across Canada. While it is recommended that detailed data collection and analysis be undertaken on a continuous regional basis, it is also recommended that co-ordination between regional research efforts be "built in" from the outset. Ensuring that such co-ordination takes place, and that integration of regional analysis occurs is a vital task.

Summary of Future Research Needs

A review of current Canadian research in the area of regional and multi-regional environment-economy models should be completed. This review should:

a) identify
- — modelling efforts currently underway;
- — boundaries and duration of these analyses;
- — the types of data and databases available or being constructed;
- — resource groups involved, e.g., universities, institutes, departments of government, others;
- — the level of commitment and interest of public and private sectors in various regions to establish improved bases for evaluating environment-economy relationships; and
- — the policy setting and policy issues or obstacles to establishing the above commitments in each region.

b) complete
- — an annotated bibliography of regional data and information relevant to interdependency modelling and analysis; and

— an annotated bibliography of techniques and theory useful in the analysis of linkages between economic and environmental systems.

c) encourage — launching of a co-ordinated long-term multi-regional research effort that would include all relevant levels of government, institutions and the private sector;

— the development of comprehensive environmental-economic system data bases for each region of the country;

— the use of integrated environment-economy policy analysis by local, provincial, and national policy makers; and

— public awareness of the important relationships between environmental quality and economic prosperity.

REVIEW OF ANALYTICAL APPROACHES

In the course of developing an analytical approach for assessing environment-economy interdependencies, a number of techniques were reviewed. A brief description of each has been included in this Annex.

Input-Output Analysis[1]

Input-output analysis consists of tables that describe, for a number of sectors in the economic system (e.g., agriculture, manufacturing industries, public utilities, service sectors), the inputs to the production process during a certain period of time. These inputs are primary inputs, such as labour and capital stock; secondary inputs, which are goods and services produced by the above sectors; and imports of goods and services from outside the economic system. The tables also describe the outputs of goods and services produced by using the above-mentioned inputs. The outputs are exports and final deliveries to households, firms (investment goods), and governments. These flows are usually expressed in monetary ($) units.

In an extended input-output framework, several parts are added to the basic input-output (I-O) tables to describe the emissions of different types of environmental pollution caused by activities of the various sectors in the economic system. Also described are the activities of sectors existing entirely for abatement of pollution, while other elements are added to describe pollution and pollution abatement.

The approach, however, is not without problems. Leontief and Ford (1972), in applying the above-mentioned framework to the economic system of the United States, encountered considerable difficulty in obtaining the data for emissions of various types of pollutants caused by various sectors of the economy. Data for the abatement sectors were not available at all.

Although the extension of an input-output framework to environmental phenomena appears to be straightforward, it leaves several problems unsolved. Some problems result from the use of input-output models, and others stem from the manner in which environmental repercussions are modelled. Some of the limitations and shortcomings of I-O analysis are listed below:

— Utilizing the input-output model as the production function in an economic model means that implicit assumptions are being made that the production processes of each firm in each industry are identical.

— Substitution between inputs as a result of pollution abatement may be neglected.

— The effects of international competition between national industries is not taken into account.

— Little attention is given to other means of reducing emission of pollutants. For instance, when the importance of environmental conservation is acknowledged, new versions of capital goods may have quite a different technical profile than the existing capital stock. These other means may include more efficient use of (other) raw materials, and the recycling of waste products.

— Pollution streams may be treated conceptually as distinct sectors. In reality, pollution is often treated by end-of-the-line equipment which is installed by the polluting firm itself.

— The differences in response rates and timing between the economic processes and the ecological processes, in which the economy is embedded, are not adequately reflected.

These limitations on the use of input-output analysis have led to important adaptations. Methods have been developed to adapt input-output co-efficients to changing technological circumstances (Linear Programming methods, and Quadratic/Least Squares methods). However, none of these methods takes technological change into account internally. Instead, they describe technological change only after it has occurred.

Although input-output analysis has its theoretical flaws and disadvantages, it is widely used because it is, at least, operational. Over the last decade, input-output models have become a part of many economic-environmental studies. Polenske (1976), Muller (1980), and others, gave specific attention to energy problems in input-output analysis. Nijkamp and Paelinck (1976), Coupe (1977), and Muller (1980), constructed economic-environmental models on the basis of an input-output framework. Den Hartog and Houweling (1974), used an economic-environmental input-output model to study price effects of pollution abatement. This model resulted in more general studies of the macro-economic consequences of environmental policy.

Cumberland and Stram (1974) provide a good example of how the original method of extending input-output models (proposed by Leontief and Ford 1972) has developed. Cumberland and Stram avoid the problems that arise regarding strict, isolated, input-output modelling by linking the model (with distinct energy sectors) to a larger economic-environmental framework. This analytical approach is depicted in Figure 6.

[1] Adapted from Hafkamp (1984).

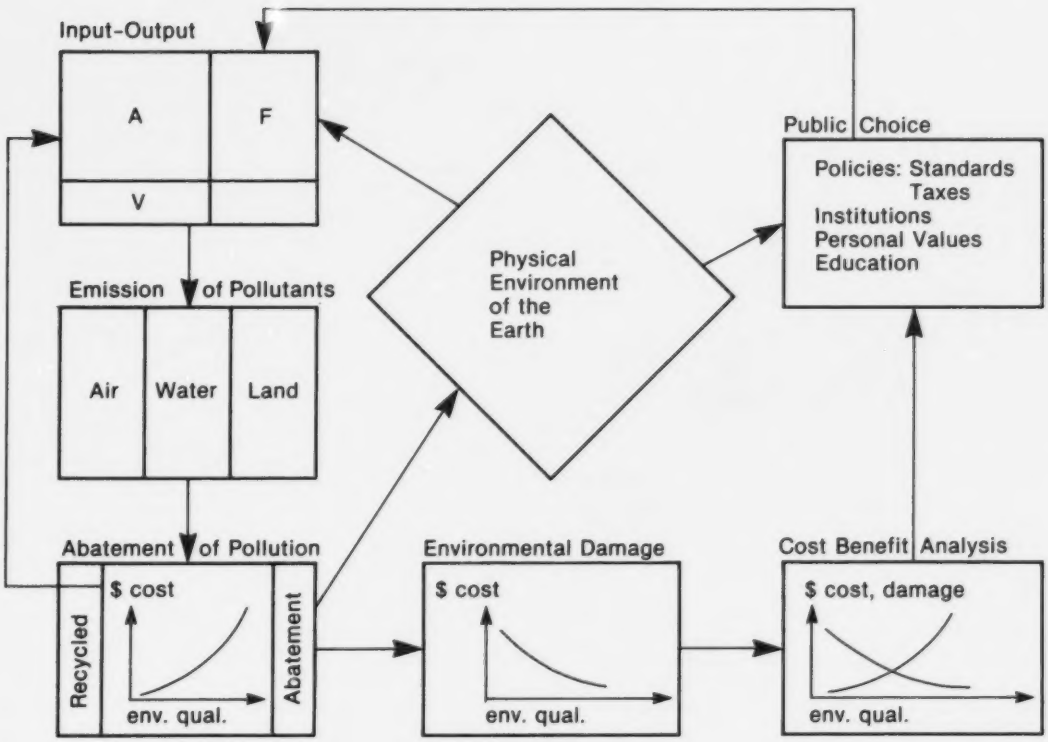


FIGURE 6
Input-Output Analysis as an Integrated Part
of Economic-Environmental Modelling

Materials Balance and Ecological Systems Models

While input-output models describe flows of goods and services in economic terms, materials balance models rest upon the same basic idea but describe flows and stocks of energy and materials from an ecological point-of-view. A simplified depiction of this model is shown in Figure 7.

Materials balance models may be constructed on any spatial scale (an office building, a region, a country, etc.). Therefore, this type of model is very useful in multi-regional economic-environmental modelling.

The materials balance model approach has, however, several limitations:

- For some toxic chemical compounds, the main problem is not the mere existence of waste. The conditions under which waste is released into the environment, plus the dispersion process of residuals, may be far more important. Also, insignificant amounts of toxic wastes may have very significant impacts.

- The relevance of the analysis of environmental effects and the influence on ecological processes is limited. The model basically describes human activities that involve using and disposing of materials and energy.

- The description of economic processes in materials balance terminology, (usually quantified in volume or weights) may be very awkward where, for instance, it involves determining interest rates in ($) or describing specific processes.

A recent application of the materials balance approach is found in the statistical representation of energy flows in the Netherlands. The Dutch Central Bureau of Statistics (CBS) used the concept of energy balance for this purpose (Van Strien 1980).

Input-output analysis and materials balance models are important tools for economic-environmental analysis. Both types of models are supplementary (operationality, comprehensiveness) and, sometimes, complementary (monetary flows, materials flows). Their respective disadvantages do not outweigh one another. Both approaches provide partial models of the economic-environmental reality.

Integrated Environmental Impact Analysis[2]

Integrated environmental impact analyses require specification, in some detail, of the interdependencies and linkages between various system components. Among the prerequisites for a satisfactory integrated environmental-economic analysis are the following:

- The analysis should have a degree of disaggregation and variation that allows the differences between sub-systems to be observable.

- The interactions within and between sub-systems should describe links in a satisfactory manner.

- An actual operational application of the analytical approach should be possible using either quantitative or qualitative measures.

- The analysis should provide sufficient and relevant information for a decision-maker who has to judge various policy alternatives.

2 Adapted from Nijkamp (1980), pp. 11-12.

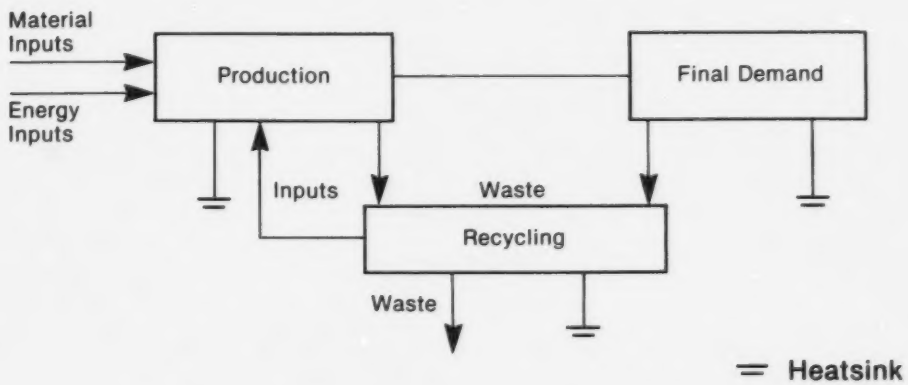


FIGURE 7
Structure of a Materials Balance Model

In practice, two problems often hamper a straightforward integration of economic and environmental variables:

— The spatial scale of many ecological variables is sometimes very small, e.g., square metres, while the scale of many economic variables is large, e.g., a country. This difference in scale means that micro-oriented research data of ecology/biology cannot always be directly integrated with traditional economic analysis.

— The time frame of different disciplines varies. Ecological analyses extend over long periods, perhaps decades, while economic analyses tend to emphasize short-term (months) to medium-term (years) effects. This difference in time dimension is a problem when attempting to integrate environmental and economic components.

Integrated Environmental Modelling[3]

The concept of integrated environmental models is a fairly new approach in environmental economics. These models attempt to incorporate the great diversity of real-world phenomena, including the interdependencies between these phenomena. The following is only a partial listing of the many elements that can play a role in integrated environmental models.

— *Environmental Impacts:* flows of pollutants in air and water, solid waste, and toxic waste;

— *Ecological Systems:* terrestrial and marine ecosystems, food chains, nutrient cycles, etc.;

— *Resources Management:* the extraction, transportation and treatment of coal, oil, gas, and ore; the determination and distribution of fishing quotas; and forestry;

— *Economic Systems:* national, regional, and local economic systems; firms, plants, and urban economic systems;

— *Social and Political Systems:* employment patterns, and public decision-making systems;

— *Transportation Systems:* these systems as elements of economic systems and spatial systems;

— *Demographic Developments:* population dynamics, and educational profiles.

Integrated environmental models can be constructed for such widely varying purposes as:

— *global resources management:* such models are currently being developed by Isard et al 1981 (see also Forrester 1971; Meadows and Meadows 1972; and others);

— *national energy planning:* (see House 1980; Driehuis, Van den Noord and Van Ierland 1983; and others);

— *land use planning:* (see Arntzen, Braat 1982); and

— *regional planning, and transportation network planning.*

The purposes for which integrated environmental models are constructed vary widely, as do the ecological, economic, and other processes reflected in these models. It is not surprising, therefore, that a single, generally accepted framework for such models does not exist. Various attempts in this respect have been made, one of which is discussed below.

An Integrated Structure for Economic-Environmental Interactions[4]

This system is subdivided into three sub-systems: a socio-economic sub-system (E), an environmental sub-system (M), and a geographic-demographic sub-system (G). In the framework of environmental analysis, a central role is played by the environmental sub-system.

The environmental sub-system consists of two parts: a first part which represents the general quality indicators of an ecosystem, such as ecological stability, etc.; and a second part which represents the direct environmental consequences of human activities, such as the impact on the variety of an ecosystem.

A simplified representation of an integrated economic-environmental system is shown in Figure 8. It is clear that one may also distinguish intra-relationships (within each sub-system) and inter-relationships (between the sub-systems). It should be noted that the element of space may play a double role in Figure 8 as the medium through which the sub-systems are linked together, and as the geographical location of all activities performed in the system, e.g., land use.

The choice of the variables of the E, G and M systems is a matter which is determined by the aim of the analysis, for example, a structural description, an integrated impact analysis, a detailed prediction, or an estimation of consequences of policy scenarios. In general, however, one should try to keep the number of variables and the number of relationships as low as possible.

The elements of each sub-system can also be incorporated in a multi-dimensional profile or vector. In general, the E, G and M sub-systems will contain the following elements (functions, quality indicators, state indicators, etc.), respectively:

E Sub-system

— production (divided among sectors);

— investments (including abatement investments);

3 Hafkamp (1984), pp. 25-30.
4 Adapted from Nijkamp (1980), pp. 12-13.

— supply and demand of labour per category;

— value added and expenditure pattern (including income distribution etc.)

G Sub-system

— demographic structure;

— migration and commuting;

— population density and urbanization rate;

— reaction;

— urban facilities;

— congestion;

— etc.

M Sub-system

The M sub-system can be divided into C sub-component and I sub-component:

C sub-component

— natural areas;

— types and quality of flora and fauna;

— ecological quality indicators (diversity, stability, etc.); and

— descriptive indicators for various landscape structures.

I sub-component

— air, water, and soil pollution;

— noise annoyance;

— extraction of raw materials; and

— land use.

The three profiles noted above make up the basic structure of an integrated economic-environmental analysis. Clearly, one might also add a social sub-system, but doing so would make the system more complex. Furthermore, the possibility of operationalizing such a sub-system profile is limited.

In addition to the first step in this integrated analysis, i.e., the identification of all system components, one has to specify the various relationships between the elements, both the intra-relationships and the inter-relationships. A first step may then be to construct the relations matrix between E, G, and M. This matrix will: 1) indicate the existence of relationships; 2) act as a directional matrix to indicate the directions of the influence (in a positive or negative sense); 3) act as a qualitative structural matrix to indicate the order of magnitude of the various relationships, e.g., by means of ordinal numbers; and 4) serve as a quantitative structural matrix to indicate the impacts of all variables of the system.

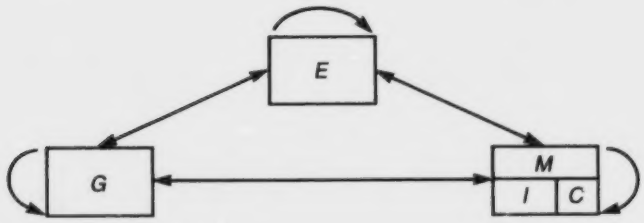


FIGURE 8
Scheme of a Simple Integrated Economic-Environmental System

1 Adapted from Nijkamp (1980) p. 12-13.

Usually, one starts with the first step and then tries to reach the final step during a series of experiments. Quantitative (cardinal) information is not always necessary in order to draw reliable conclusions concerning certain analytical or policy aspects. The various linkages of an integrated economic-environmental model can also be reflected by means of an interaction scheme for the intra-relationships and inter-relationships within the system (Figure 9). The arrows represent the main directions between sub-systems and sub-components.

Figure 9 demonstrates quite clearly that one of the crucial problems in an integrated analysis is the precise calculation of the impacts of human activities, from the E and the G profiles upon the elements of the M profile (both the I and the C sub-profiles). This problem of environmental impact evaluation has been the subject of much research.

Cost-Benefit Analysis[5]

Environmental evaluation aims at assessing the value (social and economic) of changes in the quantity and quality of environmental commodities, so as to provide a tool for calculating the trade-off between alternatives with different environmental and economic impacts. It is evident that in the framework of a neoclassical analysis, the evaluation of environmental commodities has to be based on market prices. When market prices do not exist for environmental commodities, artificial prices, e.g., shadow prices, have to be calculated in order to ensure, for neoclassical analysis, an operational result. Cost-benefit analysis can be regarded as the neoclassical tool par excellence for evaluating environmental commodities.

Cost-benefit analysis goes essentially one step further than an environmental impact analysis, because it assigns a value (a price) to all impact assessments. Some of the shortcomings of cost-benefit analysis are listed below.

— Cost-benefit analysis is only an efficiency criterion, and usually neglects equity criteria.

— It is based on a blend of various costs, for example, real costs, artificial costs, and shadow costs.

— It is partially based on shadow prices, which are ambiguous because they depend on the social welfare criterion at hand.

— In a cost-benefit analysis, it is difficult to incorporate uncertainties, risks and time effects.

— Intangibles can hardly be incorporated, in a meaningful way, in a traditional cost-benefit analysis.

It must be added that several of the above-mentioned problems hold true for any evaluation, but the latter reason (the difficulty of incorporating intangibles) makes cost-benefit analysis particularly inappropriate as an operational tool for environmental commodities. Even adjusted methods, such as cost-effectiveness analysis, are not able to overcome this particular difficulty.

In the field of ecology, several alternative evaluation methods have been developed. Examples are the functional evaluation method, the ecological quality method, and the energetic evaluation method (see Nijkamp 1977).

The functional evaluation method attempts to gauge all ecological and economic functions of environmental commodities in quantitative terms, and then to aggregate all information to a functional environmental indicator. This aggregation, however, normally includes many arbitrary choices.

The ecological quality method aims at characterizing environmental goods by means of quantitative quality indicators (for example, quantity of natural area, and diversity). These quality indicators can be used as an appropriate input for a multi-criteria analysis.

The energetic evaluation method attempts to assess the monetary value of environmental goods on the basis of the energy transfer and production in an ecosystem (via the average national energy price). This method is too arbitrary to be used as a reliable technique.

On the basis of this brief survey of environmental evaluation methods, one may draw the conclusion that several methods developed and employed so far cannot be regarded as satisfactory evaluation techniques for operational environmental policy analysis. Intangible and immeasurable effects are difficult to incorporate in all these methods, and the conclusion is justified that any attempt to transform heterogeneous, unpriced impacts into a single dimension, e.g., quantified value, will fail.

This conclusion has led researchers to look for more diversified multi-dimensional approaches to environmental-economic analysis and impact evaluation.

Multi-Regional Economic-Environmental Models[6]

In economic-environmental modelling, the tendency towards the construction of multi-regional and national-regional models is fairly recent. A worldwide survey of multi-regional economic models was held by the International Institute for Applied Systems Analysis, Laxenburg, Austria, and the Department of Regional Economics, Free University, Amsterdam, in 1981 (see Issaev, Nijkamp, Rietveld and Snickars 1982). The survey, involving approximately 200 multi-regional economic models, showed that 50 models were operational at that time. Only three of these 50 models were economic- environmental models, including the analysis of the energy problem.

5 Adapted from Nijkamp (1980), pp. 17-18.
6 Adapted from Hafkamp (1984), pp. 30-36.

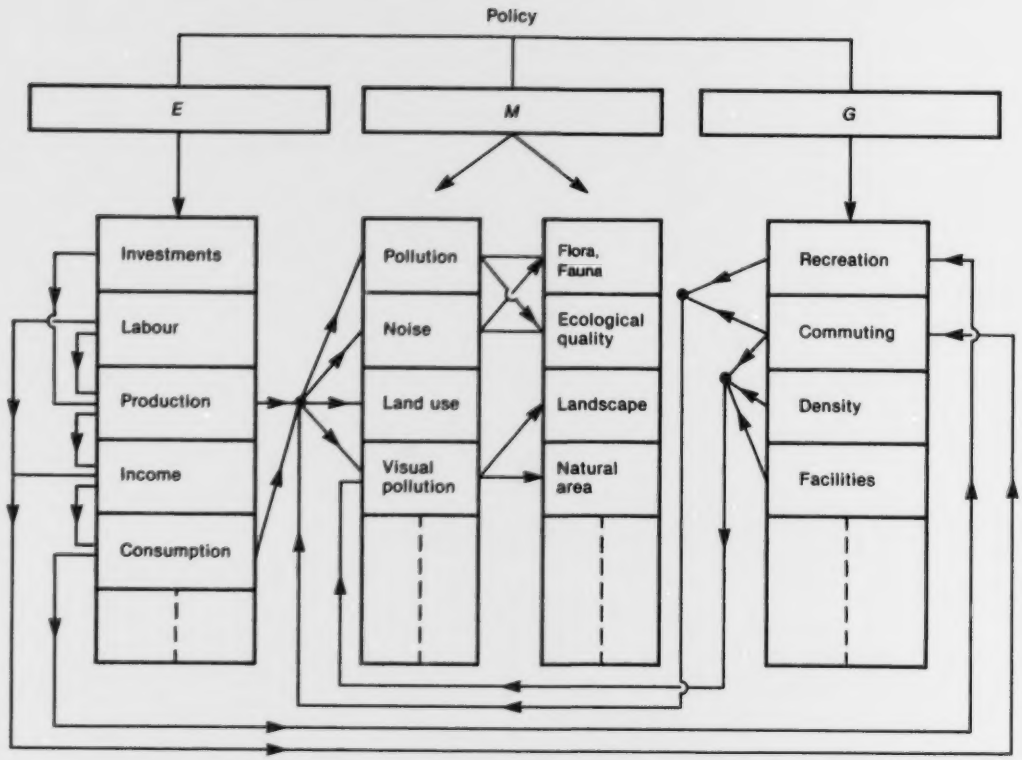


FIGURE 9
Interaction Scheme for an Integrated Economic-Environmental Model

Multi-Regional Model of the Economy, Environment and Energy Demand (MREED). The purpose of MREED is to determine the economic-environmental-energy consequences of alternative national and regional policies for the United States (see Lakshmanan 1979). MREED distinguishes 50 regions within the spatial system, while production of goods and services in those regions is modelled in 53 sectors. The model, shown in Figure 10, has approximately 880 endogenous variables per region.

An outline of the MREED model is contained in Figure 11. MREED is used to estimate regional and, in conjunction with other models, national effects of a wide range of government policies. The model also analyses industrial location within a multi-regional system.

Inter-Regional Policy Model for Energy-Economic-Environmental Interactions (MEEEI). The purpose of the MEEEI model is to study interactions between energy, environment, and the economy in general (see Lesuis, Muller and Nijkamp, 1983). It is a bi-regional model of The Netherlands, modelling the production of goods and services in 11 sectors. The model has approximately 100 variables, which can be comprised as in Figure 12.

MEEEI uses an extended I-O model as its production function. Fixed technical coefficients have been assumed for production factors, labour and energy. The model deals with changes of prices via a particular technique ("translog price possibility frontiers").

Both MREED and MEEEI are currently operational models. The time necessary for their development was considerable, ranging from two to more than five years. A number of models of this type are in the planning or construction stages.

Integrated Multi-Region Model of the U.S.A. (IMR-USA). A promising approach to multi-regional economic-environmental modelling is under development by Isard et al. In 1981, Isard began work on a multi-regional model of the United States by assembling a number of existing spatial models, each of which focused on specific aspects of the multi-regional system, with many overlaps between the various assembled models. Most of the models constituting the Integrated Multi-Region model of the U.S.A. had been developed in previous years by scientists from various universities. Its structure and design were first discussed by Isard, Boyce, Lakshmanan, Klein and Caldwell 1981. Constituting models are:

— *NATLEC:* a national econometric model, used to describe changes at the national level in a number of economic variables, such as prices, final demand, etc.

— *MULTIPOL:* a model using conflict management procedures to describe policy decisions which are basic inputs in other models — government expenditures and energy developments.

— *CICIOP:* this model, developed by Isard, uses location theory (comparative cost) and industrial complex analysis in order to assess optimal production patterns.

— *FACTIN:* a model, developed by Lakshmanan, which determines factor demand (capital, labour, energy, and materials) and regional investments by sector.

— *REGLEC:* developed by Klein, this model is used for projecting employment variables (labour supply and demand, unemployment) and wage rates.

— *DEMO:* constructed by Caldwell, this is a microsimulation model of the household sector, describing expenditure behaviour.

— *TRANS:* an inter-regional transportation model constructed by Boyce.

The inter-relations envisaged between the sub-models of this integrated multi-region model are visualized in Figure 13.

Multi-layer Projection (MLP): A New Method for Economic-Environmental Modelling[7]

In searching for an adequate type of model for integrated, spatial economic-environmental modelling, a number of alternatives have been reviewed:

Traditional economic models, that have been extended by adding energy and environmental variables. The specific disadvantage of this type of model is that it is basically directed towards economic explanation, while spatial and time dimensions may hamper modelling of environmental changes and ecological phenomena.

Materials balance models, are especially suitable for modelling physical flows of materials, energy, products, wastes, etc., but are less adequate for describing choice processes and economic interactions between people, firms, organizations, governments, etc.

Integrated input-output models, which are economic input-output models extended with environmental variables. They describe in detail the origin and destination of flows of goods and services, in addition to describing energy flows and flows of wastes. These models have the same disadvantages as materials balance models.

[7] Adapted from Hafkamp (1984), pp. 67-77.

Variable type	National	Regional
Economic	Taxes, Depreciation, Interest rates, Investments	Sectoral Output, Capital Stock, Fuel Prices
Employment	Employment	Labor Demand
Environment		Energy Demand, Number of Heating Days

FIGURE 10
Variables in MREED

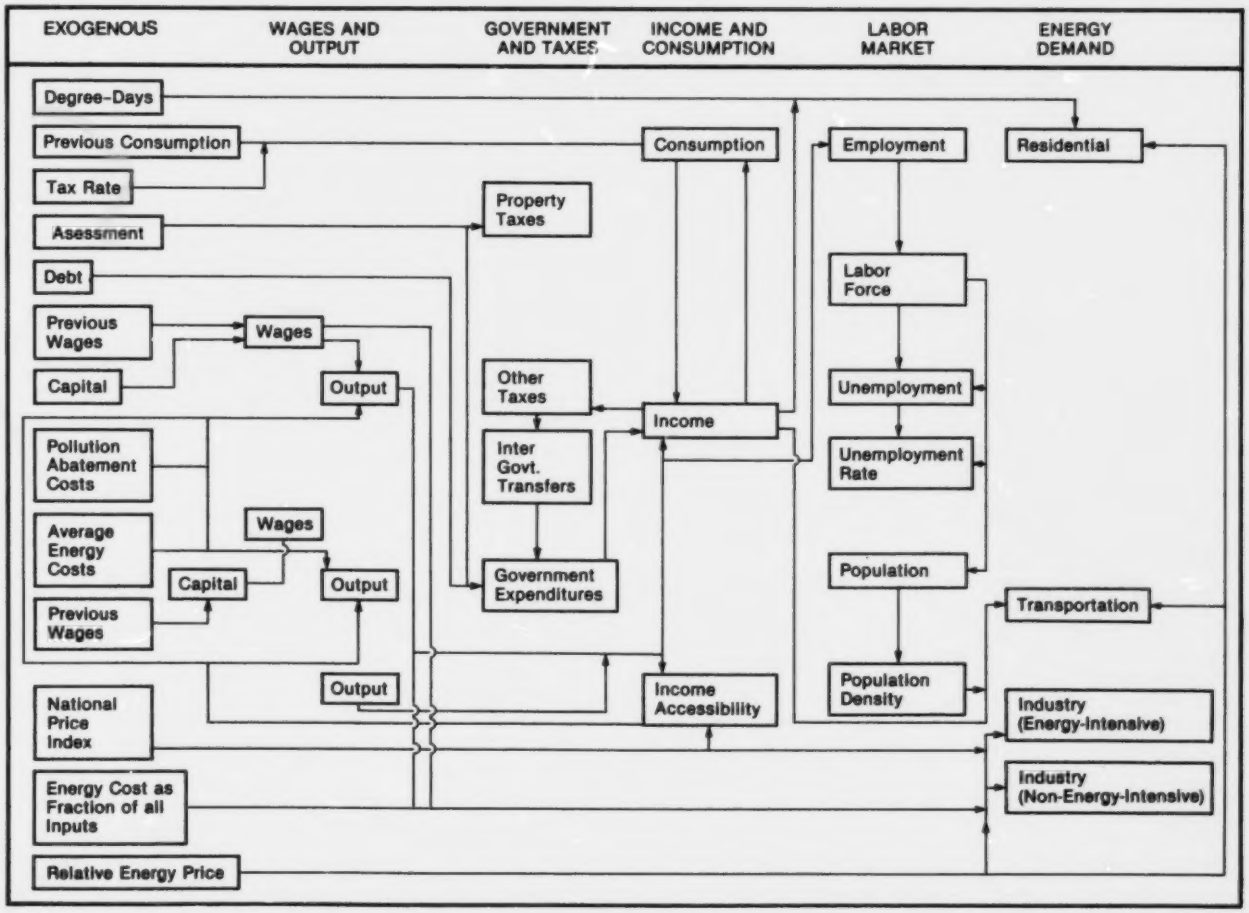


FIGURE 11
Structure of a Multi-regional Model of the Economy, Environment and Energy Demand

Variable type	National	Regional
Economic		Exports, Production
Employment		Employment
Environment		Pollution, Energy Demand

FIGURE 12
Variables of MEEEI

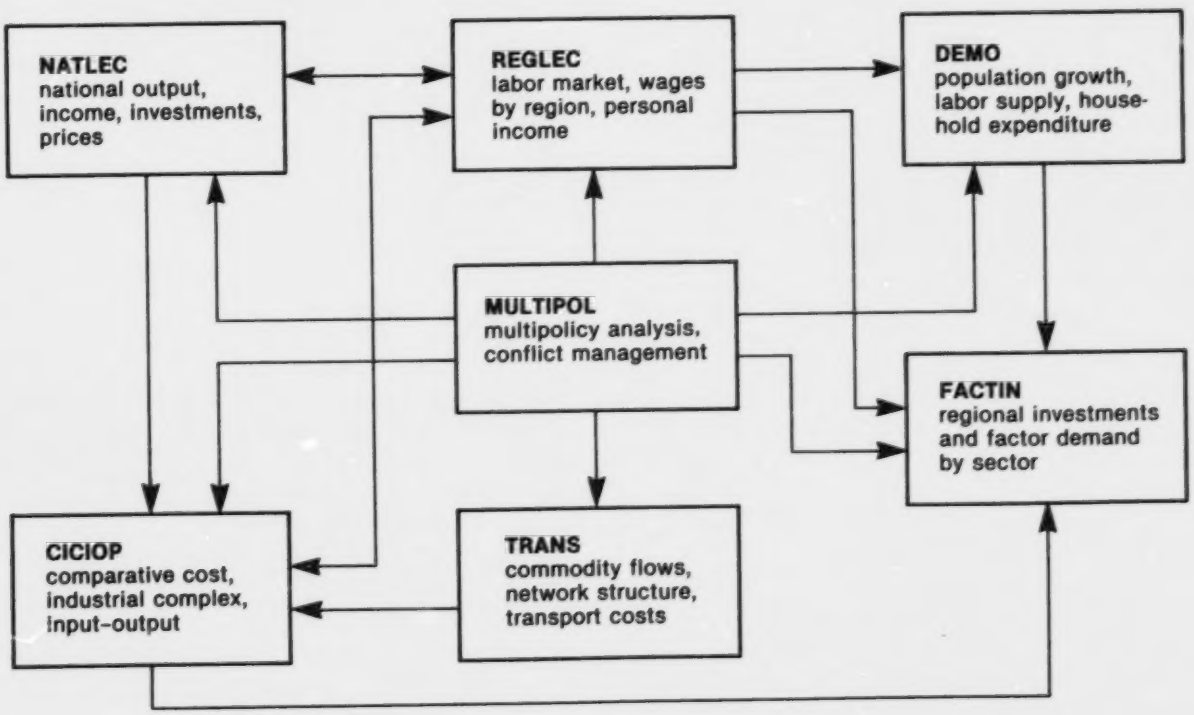


FIGURE 13
Integrated Multi-region Model of the USA

Economic and materials balance models both give a reduced image of processes that take place in reality, and both provide an image of relationships between people, firms, etc. Figure 14 illustrates an economic model that primarily indicates which monetary flows exist in an economic system as counterparts of flows of physical goods and services. Figure 15 shows a simple environmental model that displays the physical flows of goods and energy. Some categories, such as consumption and production, are included in both types of models; other categories, such as income transfer payments to households by the government, typically belong to one type of model.

Both types of models reflect interactions between identical actors (firms, consumers, etc.) in the same spatial system, while also involving different spatial relationships, different dynamics, and different dimensions. The projection of sets of these sub-models on a number of parallel layers (according to spatial and time assumptions) creates what Hafkamp (1984) has labelled a "multi-layer projection". If reality is to be conceived as both an economic system and an environmental system, models of both types should be linked — while remaining apart — thus becoming sub-models of a multi-layer model. This is schematically illustrated in Figure 16.

The principle of multi-layer projection, is, according to Hafkamp, suitable for integrated modelling at the intermediate and micro-levels. A good example can be found in the modelling of power generating systems. Simplified representations of power systems models serve to illustrate. If modelling is completed in solely economic terms, as reflected by Figure 17, the analysis emphasizes economic factors such as investment, interest, cost of fuel, operating costs, production volume, etc.

An economic model as depicted in Figure 17 may be constructed for any mode of power generation, whether it be fossil or nuclear fuels, solar radiation, wind force, or other inputs that are used for the production of electricity. A specific problem with this type of modelling is the conversion of energy values (measured in joules, for example) into monetary values. Fuel prices depend heavily on the momentary position of suppliers and buyers on the fuel markets. Fuel prices, therefore, may not be a suitable measurement for assessing the effectiveness of power generating systems.

An alternative method for modelling power generation is to construct a model entirely in energy terms — a model that estimates the energy effectiveness of a power generating system. An argument in favour of this approach is that, in the long run, energy prices reflect their energy content. A simple example of such a model is given in Figure 18.

A major problem in constructing energy balance models, as depicted in Figure 18, is that a great many financial cost categories, such as investments in construction, interest payments, etc., are transformed into energy values.

Since both modelling approaches have firm disadvantages, it may be useful to apply multi-layer projection to this modelling problem. Projecting one and the same reality on two parallel layers (economic and energy layers), causes both the economic and energy balance models to become sub-models of an integrated economic-energy model. This is schematically represented in Figure 19.

In the two examples of multi-layer projection just discussed, two layers were used for modelling reality according to both its economic and physical dimensions (matter and energy). Modelling should not necessarily be limited to these two layers. In a spatial system, for example, a third layer may be introduced that is specifically designated to model employment, demographic, and socio-political aspects of reality.

It is also possible to distinguish inter-layer relations that cannot be described in any single layer. For instance, the influence of environmental pollution (depicted in the environmental layer) on the consumption process (depicted in the economic layer), may be reflected by an inter-layer relationship.

A Triple Layer Model: Simple Version

Spatial, integrated economic-environmental models are very complex. The simple model illustration provides a rough sketch of the scope and structure of the analysis and of the application of the principle of multi-layer projection.

The model allows for the simultaneous analysis of the effects of economic, employment, and environmental policies on both the economic effects of alternative policies and actions by government, political parties, interest groups, industry, etc.

Although there are many possible foci for analysis, three are represented:

— economic growth

— employment

— environmental quality

Each of these interest is associated with one layer of the multi-layer projection, as shown in Figure 20.

The spatial element in the analysis is of great concern, as there is an analytical difficulty at this point. Economic impacts are easier to measure at the national level. Disaggregation to regions is possible, but often difficult due to data problems. These problems do not apply to environmental phenomena, such as emission and dispersion of pollutants. Environmental analysis should be undertaken at a local level in order to obtain meaningful results on, for example, air or groundwater quality. For the analysis undertaken in The Netherlands, a regional scale was chosen as a compromise between these two divergent demands concerning spatial scale.

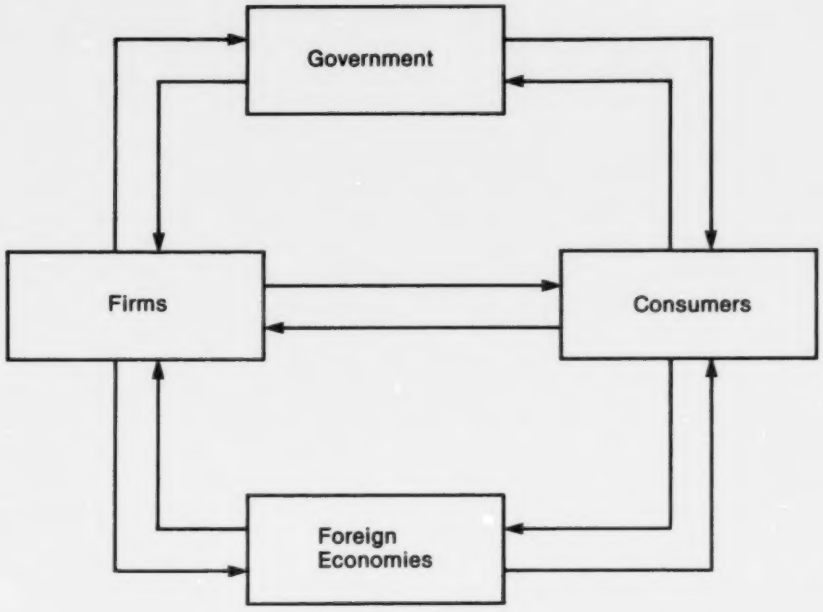


FIGURE 14
Basic Representation of an Economic System

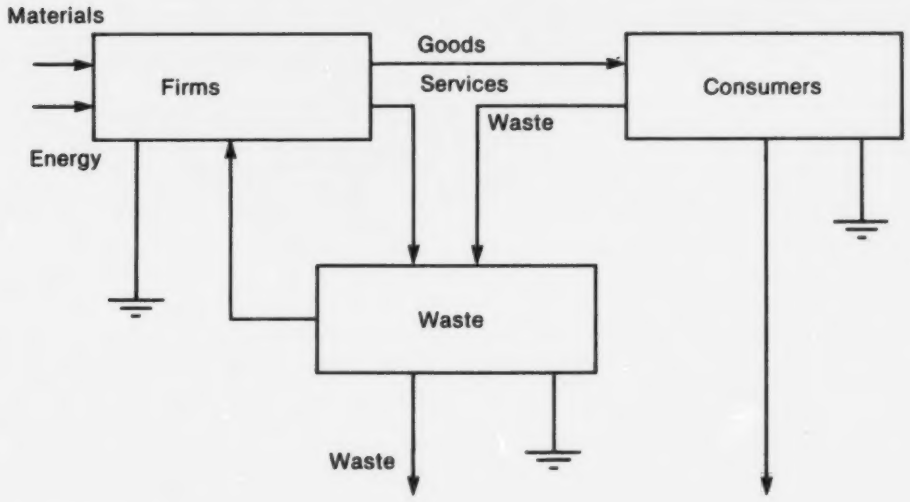


FIGURE 15
Basic Representation of an Environmental System

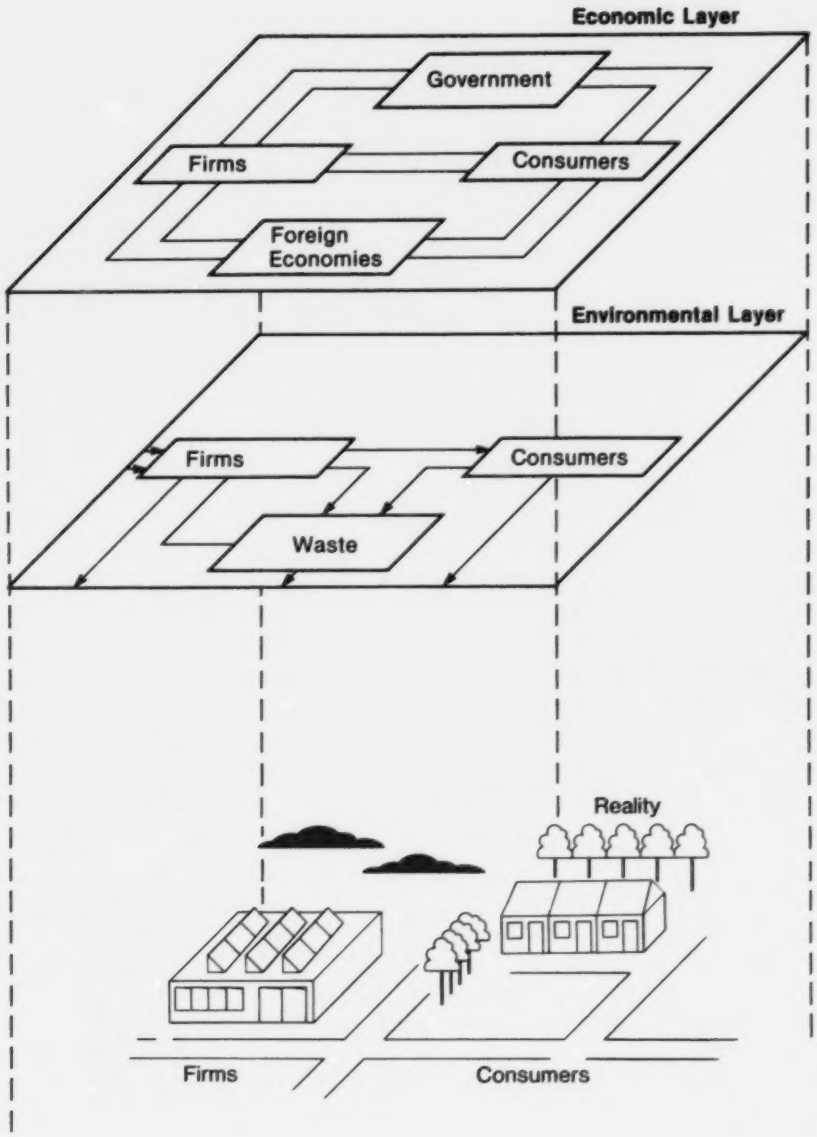


FIGURE 16
Economic-Environmental Model of a Spatial System
as a Result of Multi-Layer Projection
(from Hafkamp (1984))

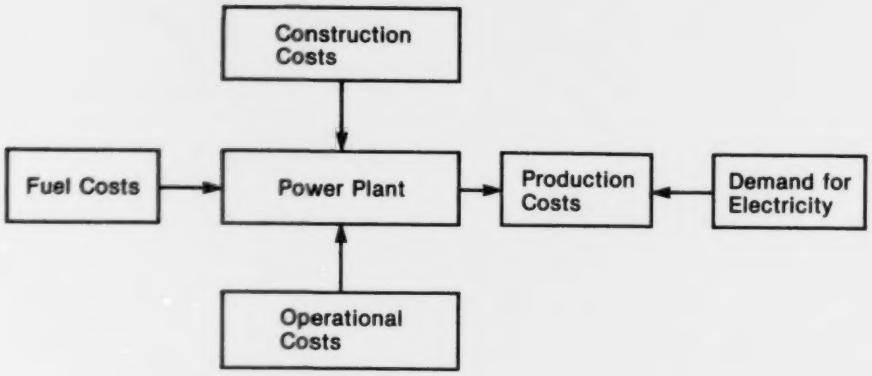


FIGURE 17
An Economic Model of a Power Generating System

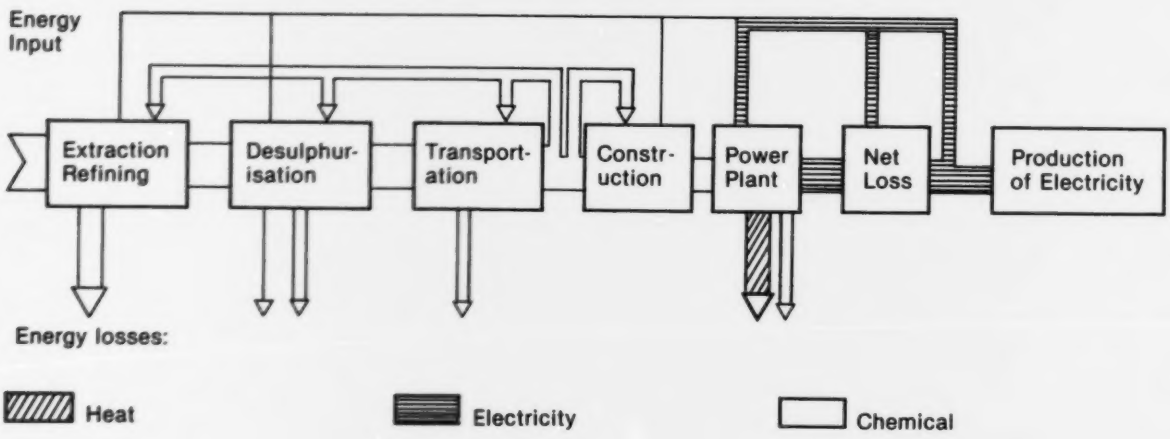


FIGURE 18
Energy Balance of a Power Generating System

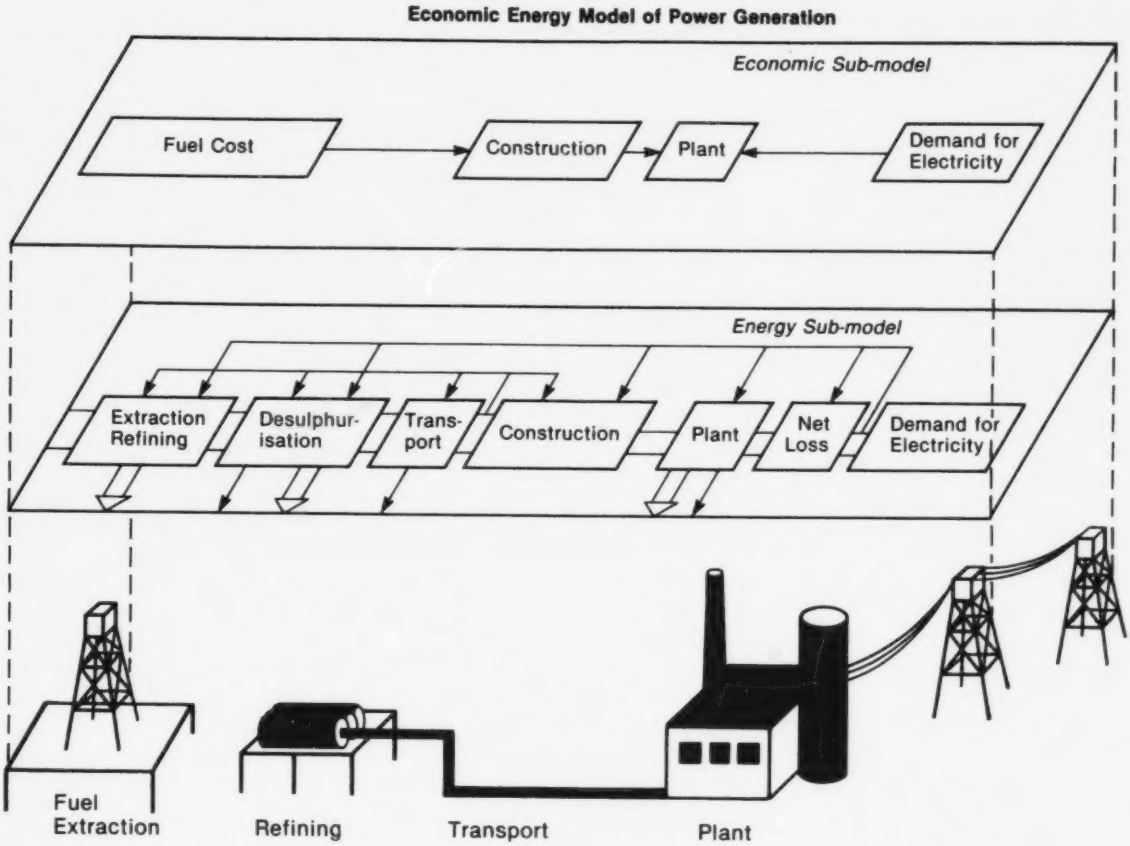


FIGURE 19
Economic Energy Model of a Power Generating System As a Result of Multi-Layer Projection
(Hafkamp 1984)

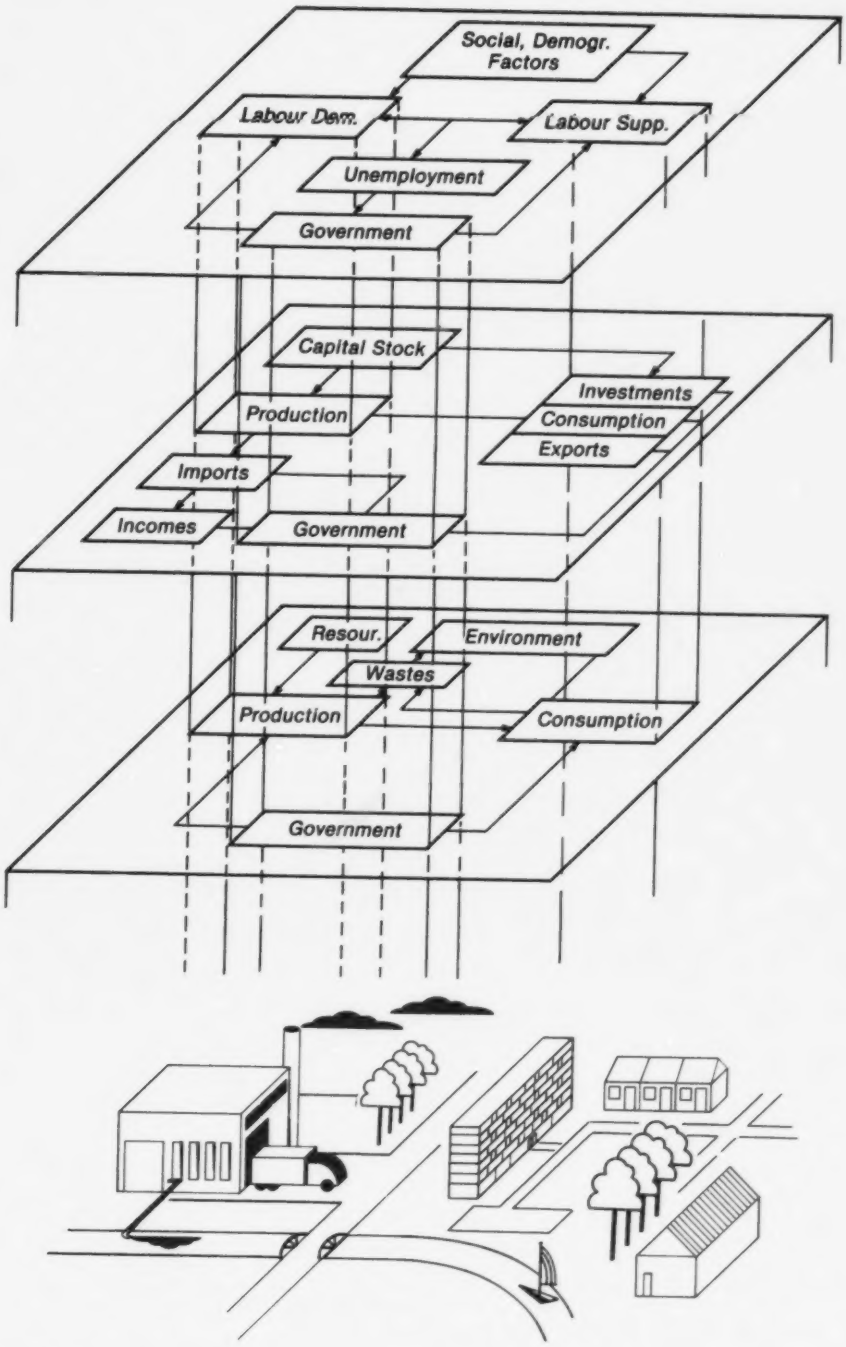


FIGURE 20
Simple Version of the Triple Layer Model
Obtained by Multi-Layer Projection
(from Hafkamp 1984)

THE RESULTS OF THE DATABASE SEARCHES

A number of database searches were completed to test availability of data on the general subject of environment-economy relationships, and on specific linkages. In this trial run, searches were completed on the following databases:

— *Economic Index*

— *Enviroline*

— *Magazine Index*

— *NTIS*

— *Environment Canada Library*

— *Pollution Abstracts*

Because of cost and volume considerations, print-outs of all identified material were not requested, and even the partial print-outs which were obtained were too voluminous to be reproduced in this report. This annex therefore contains a list of the searches undertaken along with particularly pertinent information including: subject matter, database, number of entries identified, and number of entries requested in the print-out.

In addition, the results of two database searches have been included for their reference value, and as an indication of the search procedure. The two samples which have been included are:

Search 1: Economic Index; Environment-Economy Relations; 101 of 101 entries identified.

Search 8: Enviroline; Air Pollution Effects on Building Values and Maintenance Costs; 20 of 40 entries identified.

Photo-copies of the print-outs from other searches, as listed below, can be made available on request to researchers who want to follow-up on specific aspects of this subject.

List of Sample Searches

Search No.	*Database*	*Subject*	*Entries Requested Identified*
1	Economic Index	Envir.-Economy Relations	101/101
2	Enviroline	" " "	5/5
2A	Enviroline	" " "	10/120
2A (cont.)	Enviroline	" " "	20/20
2B	Enviroline	" " "	5/334
3	Magazine Index	" " "	10/23
4	NTIS	" " "	10/4170
5	Envir. Canada Library	" " "	10/44
5A	Envir. Canada Library	" " "	20/229
6	Enviroline	Economics of Soil Erosion	2/2
6 (cont.)	Enviroline	" " "	5/319
6 (cont.)	Enviroline	" " "	5/73
6 (cont.)	Enviroline	" " "	5/10
6 (cont.)	Enviroline	" " "	6/6
6 (cont.)	Enviroline	" " "	10/338
6 (cont.)	Enviroline	" " "	8/8
7	Envir. Canada Library	" " "	4/9
8	Enviroline	Air Pollution Effects on Building Values & Maintenance Cost	20/40
9	Pollution Abstracts	" " "	5/5
10	Enviroline	Economic Effects of Mine Waste	20/119
11	Enviroline	Economic Effects of Acid Rain	20/28
12	Magazine Index	" " "	20/22
13	Enviroline	Effects of Forest Harvesting Policy on Fisheries and Fishing Industry	13/13

Search 1: Economic Index

Questions — Descriptors		No. of References
1. References to:	Environment	734
	Ecology	40
	Common Property Resource	8
	Pollution	1,662
2. References to:	Economic	45,453
	Economy	2,772
3. References to:	1. and 2.	731
4. References to:	Costs	4,920
	Interrelationship	38
	Relationship	1,301
	Link/Linkage	254
	Tie	107
	Effect	4,324
	Impact	2,519
5. Reference to:	1. and 2. and 3.	101

Print 1 — 101. (See following pages).

Note: Data on the attached pages have been reproduced from computer printouts.

135808
Alternative Mortgage Instruments: Their Effects on Consumer Housing Choices in an Inflationary Environment
Alm, James; Follain, James R., Jr.
Public Finance Quarterly, April 1982, 2, 134-57
Geographic Location: U.S.
Descriptors: credit to business, consumer, etc. including mortgages — mortgage market (3152); Housing Economics including nonurban housing (9320)

146917
Marketable Pollution Permits and Acid Rain Externalities
Atkinson, Scott E.
Canadian Journal of Economics, November 1983, 16 4. 704-22
Geographic Location: U.S.; Canada
This paper examines the economic implications of currently proposed marketable pollution right (MPR) systems for attaining ambient air quality standards in local airsheds. The author shows that (1) the magnitude of local control costs for one MPR system must be less than or equal to that under the current pollution control system and (2) if this MPR system significantly reduces local costs of control it must significantly increase local ambient degradation and, with high probability, the extent of long-range sulfate (S04) deposition. A simulation for a region of the Ohio River Basin indicates that the cost saving and increased ambient degradation and sulfate deposition in the Northeast and Canada should be large.
Descriptors: conservation and pollution (7220); regional economics — regional economic studies (9412)
abstract in JEL

150032
Some Comments Relating to Model Specification on "Effects of Nuclear Plants on Residential Property Values."
Bjornstad, David J.; Vogt, David P.
Journal of Regional Science, February 1984, 24 1, 135-36
Geographic Location: U.S.
Descriptors: conservation and pollution (7220); Housing Economics including nonurban housing (9320)

109587
New Standards for Strip Mining: Social, Economic and Environmental Costs Now Considered
Bonnefoy, Linda
Natural Resources Journal, October 1978, 18 4, 909-12
Geographic Location: U.S.
Descriptors: industry studies, extractive industries — mining metal, coal, and other nonmetallic minerals (6322); conservation and pollution (7220)

124805
Mieszkowski and Saper's Estimate of the Effects of Airport Noise on Property Values: A Comment
Borins, Sandford F.
Journal of Urban Economics, January 1981, 9 1, 125-28
Geographic Location: Canada
Descriptors: Economics of Transportation (6150); industry studies, services and related industries — real estate (6357); conservation and pollution (7220): Housing Economics including nonurban housing (9320)

064678
Comments on "Empirical Study of Economic-Ecologic Linkages in a Coastal Area" by J. C. Hite and E. A. Laurent Bromley, Daniel W.; Meyer. Neil L.
Water Resources Research, October 1972, 8 5, 1361-63
Descriptors: regional economics — regional economic studies (9412): conservation and pollution (7220)

107250
The Effect of Air Pollution upon Mortality: A Consideration of Distributed Lag Models: Comment
Brown, Byron W., Jr.
Journal of the American Statistical Association, September 1978, 73 363, 472
Descriptors: conservation and pollution (7220); Demographic Economics (8410)

147418
Effects of Dynamic Task Environment on the Learning of Standard Cost Variance Significance
Brown, Clifton
Journal of Accounting Research, Autumn 1983, 21 2, 413-31
Geographic Location: U.S.
Descriptors: Managerial Economics (5120); Accounting (5410)

137912
The Effect of Air Pollution on Residential Location Decisions in Metropolitan Areas
Burnell, James D.
Regional Science Perspectives. 1981, 11 2, 3-14
Geographic Location: U.S.
Descriptors: conservation and pollution (7220): Urban Economics and Public Policy (9310); Housing Economics including nonurban housing (9320)

062127
Intercity Bus Transport in West Pakistan. Entrepreneurs in an Environment of Uncertainty
Burns, Robert E.
Journal of Transport Economics and Policy, September 1971, 5 3, 314-43

Geographic Location: Pakistan
Descriptors: Market Structure, Industrial Organization and Corporate Strategy (6110): Economics of Transportation (6150); Public Utilities and Costs of Government Regulation of Other Industries Private Sector (6130)
abstract in JEL

063692
Impact of the Changing Economic and Social Environment on Managers of Agricultural Firms
Candler, Wilfred
American Journal of Agricultural Economics, December 1971, 53 5, 870-77
Geographic Location: U.S.
Descriptors: Goals and Objectives of Firms (5140); agricultural marketing and agribusiness (7150)

132175
The Impact on Housing Costs of the California Coastal Zone Conservation Act
Case, Fred E.; Gale, Jeffrey
American Real Estate and Urban Economics Association Journal Winter 1981, 9 4, 345-66
Geographic Location: U.S.
Descriptors: conservation and pollution (7220); Urban Economics and Public Policy (9310); Housing Economics including nonurban housing (9320)

124407
The Relative Efficiency of Public and Private Firms in a Competitive Environment: The Case of Canadian Railroads
Caves, Douglas W.; Christensen, Laurits R.
Journal of Political Economy, October 1980, 88 5, 958-76
Geographic Location: Canada
Descriptors: Public Utilities and Costs of Government Regulation of Other Industries Private Sector — Regulation of Public Utilities (6131); Economics of Transportation (6150) abstract in JEL

139417
The Health Effects of Air Pollution: A Reanalysis
Chapple, Mike: Lave, Lester
Journal of Urban Economics, November 1982, 12 3, 346-76
Descriptors: conservation and pollution (7220); Demographic Economics (8410): Economics of Health (9130)

134146
The Cost of Automobile Safety and Emissions Regulation to the Consumer; Some Preliminary Results
Crandall, Robert W.; Keeler, Theodore E.; Lave, Lester B.
American Economic Review, May 1982, 72 2, 324-27
Geographic Location: U.S.
Descriptors: Industry Studies, Manufacturing — transportation and communication equipment (6314): conservation and pollution (7220): consumer economics, levels and standards of living — Consumer Protection (9213)

104222
Effects of Selected Changes in the Institutional and Human Environment upon output Per Unit of Input
Denison, Edward F. Survey of Current Business, January 1978, 58 1, 21-44
Geographic Location: U.S. Descriptors: Productivity and Growth, Theory and Data (2260); conservation and pollution (7220); Public Policy, Role of Government — Factory Act and Safety Legislation (8223); economics of crime (9160)

088846
Economic Growth and Environmental Deterioration-Some Aspects of Their Inter-Relationship
Dholakia, Bakul H.
Artha-Vikas, July-December 1978, 12 2, 54-63
Descriptors: conservation and pollution (7220); economic development models and theories (1120)

075768
Economic Study of the Effect of Municipal Sewer Surcharges on Industrial Wastes and Water Usage
Elliott, Ralph D.
Water Resources Research, October 1973, 9 5, 1121-31
Geographic Location: U.S.
Descriptors: conservation and pollution. (7220): Public Utilities and Costs of Government Regulation of Other Industries Private Sector (6130)

111873
The Effect of Water quality on Rural Nonfarm Residential Property Values
Epp, Donald J.; Al-Ani. K. S.
American Journal of Agricultural Economics, August 1979, 61 3, 529-34
Geographic Location: U.S.
Descriptors: rural economics (7180); conservation and pollution (7220)

153286
Cross-Compliance for Erosion Control: Anticipating Efficiency and Distributive Impacts
Ervin, David E.; Heffernan, William D.; Green, Gary P.
American Journal of Agricultural Economics, August 1984, 66 3, 273-78
Geographic Location: U.S.
Despite increasing attention, the effects of using differential agricultural program benefits to achieve soil conservation are largely unexplored. Viewed in a conventional environmental economics framework, the popularly perceived cross-compliance program may fall short on efficiency grounds. Analysis suggests that the greatest incentive to practice conservation may occur on land with little or no net social benefits forthcoming from erosion control. A by-product of cross-compliance worth consideration is that those likely to benefit most from the program are the highest equity and largest farm operators.
Descriptors: land reform and land use — land development, land use, irrigation policy (7172); conservation and pollution (7220) abstract in JEL

078086
A Probabilistic Cost Analysis of Two Stack Flue Gas Desulfurization Systems
Ezzati, Ali
Engineering Economist, January-February 1974, 19 2, 63-85
Descriptors: Managerial Economics (5220); conservation and pollution (7220)

133245
Patterns in the Laws on Health Risks
Field, Robert I.
Journal of Policy Analysis and Management, Winter 1982, 1 2, 257-60
Geographic Location: U.S.
Descriptors: Public Utilities and Costs of Government Regulation of Other Industries Private Sector (6130); conservation and pollution (7220); Economics of Health (9130)

064383
Impact of Population on Resources and the Environment
Fisher, Joseph L.
American Economic Review, May 1971, 61 2, 392-98
Geographic Location: U.S. Descriptors: Demographic Economics (8410): natural resources (7210): conservation and pollution (7220)

150033
Some Comments Relating to Model Specification on "Effects of Nuclear Power Plants on Residential Property Values"; Reply
Gamble, Hays B.; Downing, Roger H.
Journal of Regional Science, February 1984, 24 1, 137-38
Geographic Location: U.S.
Descriptors: conservation and pollution (7220); Housing Economics including nonurban housing (9320)

139400
Effects of Nuclear Power Plants on Residential Property Values
Gamble, Hays B.; Downing. Roger H.
Journal of Regional Science, November 1982, 22 4, 457-78
Geographic Location: U.S.
Descriptors: conservation and pollution (7220); Housing Economics including nonurban housing (9320)
abstract in JEL

117527
Socioeconomic Effectiveness of New Technology (Methodological Questions).
Gatovskii, L.
Problems of Economics, June 1979, 22 2, 39-58
Geographic Location: U.S.S.R.
Descriptors: socialist and communist economic systems (0520);
Technological Change, Innovation, Research and Development — Technological Change and Innovation (6211); conservation and pollution (7220)

086042
An Evaluation of the Impact of Aircraft Noise on Property Values with a Simple Model of Urban Land Rent
Gautrin, Jean-Francois
Land Economics, February 1975. 51 1, 80-86
Descriptors: conservation and pollution (7220); Urban Economics and Public Policy (9310); regional economics — regional economic studies (9412); Housing Economics including nonurban housing (9320)

151861
The Development and Impact of an EEC Directive: The Control of Discharges of Mercury to the Aquatic Environment
Guruswamy, L. D.; Papps, I.; Storey. D. J.
Journal of Common Market Studies, September 1983, 22 1, 71-100
Geographic Location: EEC: U.K.
Descriptors: Economic Integration — Economic Integration, Policy and Empirical Studies (4233); conservation and pollution (7220)

151582
A Model for Forecasting the Economic and Environmental Impact of Energy Policy
Harris, Curtis C.; McConnell, Virginia D.; Cumberland, John H.
Energy Economics, July 1984, 6 3, 167-76
Geographic Location: U.S.
Descriptors: Economic Forecasting and Econometric Models — Specific Forecasts and Models (1323); Input-Output (2220); conservation and pollution (7220); energy (7230)

112526
The Economic Impacts of Environmental Regulations on the U.S. Copper Industry
Hartman, Raymond S.; Bozdogan, Kirkor; Nadkarni, Ravindra M.
Bell Journal of Economics Geographic Location: U.S.
Descriptors: Industry Studies, Manufacturing — Metals iron, steel, and other (6312); conservation and pollution (7220)

152067
A Geobased National Agricultural Policy for Rural Community Enhancement, Environmental Vitality, and Income Stabilization
Hayden, F. Gregory
Journal of Economic Issues, March 1984, 18 1, 181-221
Geographic Location: U.S.
The article concludes that agricultural policy: should include site specific environmental policy to prevent soil erosion, water pollution, and wetland destruction, should reverse the policy-induced trend of rural community destruction, must take into consideration the impact of technology on farm and community structure, and must protect farm income and control production by allowing smaller farmers to plant a greater percent of land than larger farmers. Surplus production allows us to remove fragile land from production rather than promoting exports. The current financial, environmental, and structural disarray in agriculture offers real opportunity for improving the welfare of farmers and the people in general.
Descriptors: agricultural policy, domestic and international (7130); land reform and land use — land development, land use, irrigation policy (7172); rural economics (7180): conservation and pollution (7220)
abstract in JEL

065778
The Effect of Ecologically Relevant Information on Detergent Sales
Henion, Karl E.
Journal of Marketing Research, February 1972, 9 1, 10-14
Descriptors: conservation and pollution (7220); Marketing and Advertising (5310); Industry Studies, Manufacturing — chemicals, drugs, plastics, ceramics, glass, and rubber (6315): consumer economics, levels and standards of living — Expenditure Patterns and Consumption ST of Expenditure on Specific Items (9212)
abstract in JEL

149683
Planning for Institutional Change in a Complex Environment An Approach and an Application
Hickerson, Steven R.
Journal of Economic Issues, September 1983, 17 3, 631-65
Unified Program Planning, a systems approach technique developed by J. Douglas Hill and John N. Warfield, is applied to the ameliorative redesign of institutional arrangements, a process of long standing concern in institutional economics. The delivery of legal services is used as a vehicle in illustrating this application. The technique incorporates problem definition, value system design, and system synthesis stages, all of which are developed in a series of graphs and matrices. This culminates in a set of linked matrices, which depicts interactions among the elements of a complex system, and which facilitates the planning of incremental change in such a system.
Descriptors: history of economic thought — historical and institutional (0318); economic planning theory and policy — economic planning theory (1132)
abstract in JEL

064679
Empirical Study of Economic-Ecologic Linkages in a Coastal Area: Reply
Hite, James C.; Laurent. Eugene A,
Water Resources Research, October 1972, 8 5, 1364-65
Descriptors: regional economics — regional economic studies (9412); conservation and pollution (7220)

061473
Empirical Study of Economic-Ecologic Linkages in a Coastal Area
Hite, James C.; Laurent, Eugene A.
Water Resources Research, October 1971, 7 5, 1070-78
Geographic Location: U.S.
Descriptors: regional economics — regional economic studies (9412): conservation and pollution (7220)

100506
The Effects of Pollution Taxation on the Pattern of Resource Allocation: The Downstream Diffusion Case
Hochman, Eithan; Pines, David; Zilberman, David
Quarterly Journal of Economics, November 1977, 91 4, 625-38
Descriptors: national taxation and subsidies (3230); conservation and pollution (7220); regional economics — theory of regional economics (9411)
abstract in JEL

095143
Environmental Impact Evaluation, Land Use Planning, and the Housing Consumer
James, Franklin J.; Muller, Thomas
American Real Estate and Urban Economics Association Journal Fall 1977, 5 3, 279-301
Geographic Location: U.S.
Descriptors: conservation and pollution (7220); Housing Economics including nonurban housing (9320); regional economics (9410)

060794
Economic Analysis of Sewer Service Charge Formulas
Johnson, J. A.
Land Economics, February 1971, 47 2, 80-86
Descriptors: conservation and pollution (7220); Public Utilities and Costs of Government Regulation of Other Industries Private Sector (6130)
abstract in JEL

126436
Regional Environmental and Economic Impact Evaluation: An Input-Output Approach
Johnson, Manuel H.; Bennett, James T.
Regional Science and Urban Economics, May 1981, 11 2, 215-30
Descriptors: conservation and pollution (7220); regional economics — regional economic models and forecasts GENERAL) (9413)

116643
An Input-Output Model of Regional Environmental and Economic Impacts of-Nuclear Power Plants
Johnson, Manuel H.; Bennett, James T.
Land Economics, May 1979, 55 2, 236-52
Geographic Location: U.S.
Descriptors: industry studies, services and related industries — electrical, gas, communication, and information services (6352); conservation and pollution (7220); regional economics — regional economic studies (9412)
abstract in JEL

057673
Environmental Disruption and Social Costs: A Challenge to Economics
Kapp, K. William
Kyklos, 1970, 23 4, 833-48
Descriptors: welfare theory — externalities (0244); economic methodology (0360)

014780
Rent Relationships in the Economic Mechanism of Social Production
Kassirov, L.
Problems of Economics, November 1973, 16 7, 36-58
Descriptors; socialist and communist economic systems (0520); conservation and pollution (7220)

154014
Faculty Advancement in a Nontraditional University Environment
Kaun, David E.
Industrial and Labor Relations Review, July 1984, 37 4. 592-606
This study examines faculty advancement rates during the formative years of the University of California, Santa Cruz. An explicit goal of the administration was to obtain high-quality undergraduate teaching from faculty members who were to be appraised on the basis of criteria that emphasize research. Previous studies of faculty advancement have shown little or no reward for high-quality teaching, but this study finds e significant relationship between faculty advancement and quality teaching, in addition to the usual relationship with length of service and publications. The author concludes that the institutional environment can influence the faculty reward structure to promote improved teaching.
Descriptors: occupation (8120); Labor Market Studies, Wages, Employment — Wage and Fringe Benefit Studies (8242): Economics of Education (9120)
abstract in JEL

099913
The Impact of Development on the Environment
Kerr, Derek
National Westminister Bank Quarterly Review, August 1977.
Geographic Location; U.K.
Descriptors: economic studies of developed countries — European countries (1223); conservation and pollution (7220)

073484
The Effect of Ecological Concern on Brand Perceptions
Kinnear, Thomas C.; Taylor, James R.
Journal of Marketing Research, May 1973, 2, 191-97
Geographic Location: U.S.
Descriptors: Marketing and Advertising (5310); conservation and pollution (7220); consumer economics, levels and standards of living — Expenditure Patterns and Consumption ST of Expenditure on Specific Items (9212)

065853
Effective Pollution Control in Industrialized Countries: International Economic Disincentives, Policy Responses, and the GATT
Kirgis, Frederic L., Jr.
Michigan Law Review, April 1972. 5, 859-918
Descriptors: conservation and pollution (7220); Commercial Policy and Trade Regulations, Empirical Studies (4220)

124971
An Economic Analysis of "Pollution Control Public Works Cost Allocation Law". (In Japanese.)
Kishimoto, Tetsuya
Kokumin-Keizai Zasshi, December 1980, 142 6, 83-94

126399
Environmental Regulation and Optimal Investment Behavior: A Micro-Economic Analysis
Kopp, Raymond J.; Smith, V. Kerry
Regional Science and Urban Economics, June 1980, 2. 211-24
Descriptors: Business Investment (5220); Public Utilities and Costs of Government Regulation of Other Industries Private Sector (6130); conservation and pollution (7220)

108284
Community Environment snd the Market Value of Single-Family Homes: The Effect of the Dispersion of Land Uses
Lafferty, Ronald N.; Frech, H. E., III
Journal of Law and Economics, October 1978, 21 2. 381-94
Descriptors: Urban Economics and Public Policy (9310); Housing Economics including nonurban housing (9320)

153110
The Possible Impact of National Accounts and Balances on the Development of Frameworks for Environment Statistics
Laganier, Jean
Statistical Journal, January 1984, 2 1, 43-61
Descriptors: Economic and Social Statistical Data and Analysis (2200)

065810
Economic-Ecologic Linkages and Regional Growth: A Case Study
Laurent, Eugene A.; Hite, James C.
Land Economics, February 1972, 48 1, 70-72
Descriptors: Input-Output (2220); regional economics — regional economic models and forecasts (9413); conservation and pollution (7220)

135812
Housing Demand and the Standard Mortgage Instrument: Comment Alternative Mortgage Instruments: Their Effects on Consumer
Housing Choices in an Inflationary Environment Accelerating Inflation and Nonassumable Fixed-Rate Mortgages: Effects on Consumer Choice and Welfare.
Lea, Michael J. Public Finance Quarterly, April 1982, 2, 185-92
Geographic Location: U.S.
Descriptors: credit to business, consumer, etc. including mortgages — mortgage market (3152); Housing Economics including nonurban housing (9320)

102872
The Assessment of Environmental Impacts in Project Appraisal in the European Communities
Lee, Norman; Wood, Christopher
Journal of Common Market Studies, March 1978, 16 3, 189-210
Geographic Location: EEC
Descriptors: Economic Integration — Economic Integration, Policy and Empirical Studies (4233); conservation and pollution (7220)

067237
Die volkswirtschaftlichen Kosten des Umweltschutzes — Ein erweitertes Input-Output-System. (The Economic Costs of Depollution-An Enlarged Input-Output System. With English summary.)
Lehbert, Berndt
Weltwirtschaftliches Archiv, 1972, 8 2, 298-318
Descriptors: Input-Output (2220); conservation and pollution (7220)
abstract in JEL

120110
Measurement of the Socioeconomic Impact of Lake Restoration: An Assessment Model Employing a Benefit/Cost Cross-Impact Probabilistic Approach
Liu, Ben-chieh; Christiansen, Neils: Jaksch, John American Journal of Economics and Sociology, July 1980. 39 3. 227-36
Geographic Location: U.S.
Descriptors: natural resources (7210); conservation and pollution (7220); regional economics — regional economic studies (9412)

114242
Regional Estimates of the Morbidity Cost of Total Suspended Particulates
Liu, Ben-Chieh; Yu, Eden S. H.
Growth and Change, April 1980, 11 2, 26-31
Geographic Location: U.S.
Descriptors: conservation and pollution (7220); Demographic Economics (8410); regional economics — regional economic studies (9412)

115362
Distributional Analysis of Regional Benefits and Cost of Air Quality Control
Loehman, E. T., et al.
Journal of Environmental Economics and Management, September 1979, 6 3, 222-43
Geographic Location: U.S.
Descriptors: conservation and pollution (7220); regional economics — regional economic studies (9412)

116679
A Preference Approach to Measuring the Impact of Environmental Externalities
Mark, Jonathan H.
Land Economics, February 1980, 56 1, 103-16
Geographic Location: U.S.
Descriptors: conservation and pollution (7220); Urban Economics and Public Policy (9310)

059428
Economic Efficiency Implications of Federal-Local Cost Sharing in Water Resource Development
Marshall, Harold Emory
Water Resources Research, June 1970, 6 3, 673-82
Geographic Location: U.S.
Descriptors: intergovernmental financial relationships (3250); conservation and pollution (7220)

108863
An Estimate of the Effects of Airport Noise on Property Values
Mieszkowski, Peter; Saper, Arthur M.
Journal of Urban Economics, October 1978, 5 4, 425-40
Geographic Location: Canada
Descriptors: Economics of Transportation (6150); industry studies, services and related industries — real estate (6357); conservation and pollution (7220); Housing Economics including nonurban housing (9320)

082604
The Economic Impact of Controlling Nonpoint pollution in Hardwood Forestland
Miller, W. L.; Everett, H. W.
American Journal of Agricultural Economics, November 1975, 57 4, 576-83
Geographic Location: U.S.
Descriptors: conservation and pollution (7220); natural resources (7210) abstract in JEL

096133
Economic Environments for Which There Are Pareto Satisfactory Mechanisms
Mount, Kenneth; Reiter, Stanley Econometrica, May 1977, 45 4. 821-42
Descriptors: welfare theory — allocative efficiency including theory of cost/benefit (0242)
abstract in JEL

113417
The Impact of Decentralization on the Journey-to-Work and Pollution
Naroff, Joel L.; Ostro, Bart David
Economic Geography. January 1980, 58 1, 63-72
Geographic Location: U.S.
Descriptors: conservation and pollution (7220); Urban Economics and Public Policy (9310); urban transportation economics (9330)

126144
The 1977 Clean Air Act Amendments: Energy, Environmental, Economic, snd Distributional Impacts
Navarro, Peter
Public Policy, Spring 1981, 29 2, 121-46
Geographic Location: U.S.
Descriptors: conservation and pollution (7220); energy (7230)

132178
Housing Costs and prices under Regional Regulation
Nicholas, James C.
American Real Estate and Urban Economics Association Journal Winter 1981, 9 4, 384-96
Geographic Location: U.S.
Descriptors: land reform and land use — land development, land use, irrigation policy (7172); conservation and pollution (7220); Housing Economics including nonurban housing (9320)

152447
Coevolutionary Development Potential
Norgaard, Richard B. Land Economics, May 1984, 2, 160-73
In biology, "coevolutionary" refers to an evolutionary process based on reciprocal responses between two closely interacting species. The concept can be broadened to encompass any ongoing feedback process between two evolving systems, including social and ecological systems. This paper presents several ideas new to economics; among them are: (1) The neoclassical view of economic development as a process of augmenting factors of production stems from the basic assumption that factors are separable. However, a harmony-with-nature world view has provided much of the philosophical and scientific basis for resource and environmental policies. (2) The coevolutionary perspective gives a better picture of the nature of the social and ecological problems that accompany the factor-augmentation approach to development. (3) Few people today doubt the efficiency of the market except with respect to environmental management and intertemporal natural resource allocation. The coevolutionary model incorporates relationships between people and their environments based on recent advances in the natural sciences and is thereby more appropriate over the long run for exploring the relationship between resources, environmental systems, and social systems.
Descriptors: economic development models and theories (1120); natural resources (7210); conservation and pollution (7220)
abstract in JEL

104651
Regional Economic Impacts of Policies to Control Erosion and Sedimentation in Illinois and Other Corn Belt States
Osteen, Craig; Seitz, Wesley D.
American Journal of Agricultural Economics, August 1978, 3, 510-17
Geographic Location: U.S.
Descriptors: conservation and pollution (7220); regional economics — regional economic studios (9412)
abstract in JEL

147603
The Effects of Air Pollution on Work Loss and Morbidity
Ostro. Bart D.
Journal of Environmental Economics and Management, December 1983, 4, 371-82
Geographic Location: U.S.
Descriptors: conservation and pollution (7220); Economics of Health (including medical subsidy programs) (9130)

137321
The Secondary Impact of Nonpoint-Pollution Controls: A Linear-Programming-Input/Output Analysis
Palmini, Dennis J.
Journal of Environmental Economics and Management, September 1982, 9 3, 263-78
Geographic Location: U.S.
Descriptors: conservation and pollution (7220); regional economics — regional economic studies (9412)

133387
Measuring Environmental Effects on Property Values without Hedonic Regressions
Palmquist, Raymond B.
Journal of Urban Economics, May 1982, 11 3, 333-47
Geographic Location: U.S.
Descriptors: conservation and pollution (7220); Housing Economics including nonurban housing (9320)

071637
The Impact of the Environment upon the Spatial Distribution of Population and Land Values
Papageorgiou, G. J.
Economic Geography, July 1973, 49 3, 251-56
Descriptors: economic geography (7310); Urban Economics and Public Policy (9310)

066159
Economic Aspects of Pollution Control
Parish, Ross M. Australian Economic Papers, June 1972, 11 18, 32-43
Descriptors: conservation snd pollution (7220); welfare theory — allocative efficiency including theory of cost/benefit (0242)
abstract in JEL

129256
Regulation and the Economy; Concluding Thoughts
Peskin Henry M.; Portney, Paul R.; Kneese, Allen V.
Natural Resources Journal July 1981, 21 3, 589-91
Geographic Location. U.S.
Descriptors: National Income Accounting Theory and Procedures (2210); Public Utilities and Costs of Government Regulation of Other Industries Private Sector — Effects of Regulation on Market Structure, Costs and Efficiency (6132); conservation and pollution (7220)

129251
The Macroeconomic Impacts of Federal Environmental Regulation
Portney, Paul R.
Natural Resources Journal, July 1981, 21 3, 459-88
Geographic Location: U.S.
Descriptors: Economic Forecasting and Econometric Models — Specific Forecasts and Models (1323); Public Utilities and Costs of Government Regulation of Other Industries Private Sector — Effects of Regulation on Market Structure, Costs and Efficiency (6132); Industry Studies, Manufacturing (6310); conservation and pollution (7220)

123763
Housing Prices, Health Effects, and Valuing Reductions in Risk of Death
Portney, Paul R. Journal of Environmental Economics and Management, March 1981, 8 1, 72-78
Geographic Location: U.S.
Descriptors: conservation and pollution (7220); Economics of Health (9130); Housing Economics including nonurban housing (9320)

073815
Minimizing Losses in a Hostile Environment: The Costs of Defending One's Castle
Prohaska, Charles R.; Taylor, Walton
Journal of Risk and Insurance. September 1973, 3, 375-87
Descriptors: economics of crime (9160)

129255
Long-Run Effects of Environmental Regulation
Ridker, Ronald G.; Watson, William D.
Natural Resources Journal, July 1981, 21 3, 565-87
Geographic Location: U.S.
Descriptors: Economic Forecasting and Econometric Models — Specific Forecasts and Models (1323); Public Utilities and Costs of Government Regulation of Other Industries Private Sector — Effects of Regulation on Market Structure, Costs and Efficiency (6132); conservation and pollution (7220)

101396
The Effect of Urban Structure on the Concentration of Pollution
Robson, Arthur J.
Urban Studies, February 1977, 14 1, 89-93
Geographic Location: U.S.
Descriptors: Urban Economics and Public Policy (9310); conservation and pollution (7220)

147757
Modeling the Macroeconomic Impact of Air Pollution Abatement
Rose, Adam
Journal of Regional Science, November 1983, 23 4, 441-59
Geographic Location: U.S.
A critical evaluation of the literature indicates that there is no definitive conclusion on whether the net economic impact of air pollution regulations is positive or negative. Each study on the subject has omitted several causal factors and failed to provide empirical justification for many of its assumptions. This paper presents a model framework for assessing the national or regional impact of pollution abatement that is able to incorporate a broader and more flexible set of causal relationships. An application of the model illustrates the sensitivity of net impacts to alternative specifications of investment displacement, cost pass-through, and government spending relationships.
Descriptors: conservation and pollution (7220); regional economics — regional economic studies (9412)
abstract in JEL

129212
Economic Theory and Environmental Law
Sagoff, Mark
Michigan Law Review, June 1981, 79 7, 1393-1419
Descriptors: welfare theory — allocative efficiency including theory of cost/benefit (0242); conservation and pollution (7220)

092076
A Regional Analysis of Air Quality Standards, Coal Conversion, and the Steam-Electric Coal Market
Schlottmann, Alan
Journal of Regional Science, December 1976. 16 3. 375-87
Geographic Location: U.S.
Descriptors: regional economics — regional economic studies (9412); conservation and pollution (7220); natural resources (7210); Public Utilities and Costs of Government Regulation of Other Industries Private Sector (6130)
abstract in JEL

070651
Solid Waste Management for Rural Areas: Analysis of Costs and Service Requirements
Schreiner, Dean; Muncrief, George; Davis, Bob American
Journal of Agricultural Economics, Part I, November 1973, 55 4, 567-76
Geographic Location: U.S.
Descriptors: conservation and pollution (7220); rural economics (7180)
abstract in JEL

109175
Economic Impacts of Soil Erosion Control
Seitz, Wesley D., et al.
Land Economics. February 1979, 55 1, 28-42
Geographic Location: U.S.
Descriptors: conservation and pollution (7220)
abstract in JEL

108893
An Analysis of Some Short-Term Health Effects of Air Pollution in the Washington. D.C. Metropolitan Area
Seskin, Eugene P.
Journal of Urban Economics. July 1979, 6 3, 275-91
Geographic Location: U.S.
Descriptors: conservation and pollution (7220); Economics of Health (9130)

108847
The Environmental Impact of Transport and the Public Interest
Sharp, Clifford D.
Journal of Transport Economics and Policy, January 1979, 13 1, 88-101
Descriptors: welfare theory (0240); Economics of Transportation (6150)
abstract in JEL

103540
The Effects of Mercury Contamination in Pheasants on the Value of Pheasant Hunting in Oregon
Shulstad, Robert N.; Stoevener, Herbert H.
Land Economics, February 1978, 54 1, 39-49
Geographic Location: U.S.
Descriptors: conservation and pollution (7220); consumer economics, levels and standards of living (9210)

099211
Estimating the Air Pollution Costs of Transport Modes
Small, Kenneth A. Journal of Transport Economics and Policy. May 1977, 11 2, 109-32
Geographic Location: U.S.
Descriptors: Economics of Transportation (6150); conservation and pollution (7220)
abstract in JEL

084773
Mortality-Air Pollution Relationships: A Comment
Smith, V. Kerry
Journal of the American Statistical Association, June 1975 341-43
Geographic Location: U.S.
Descriptors: Demographic Economics (8410); conservation and pollution (7220)
abstract in JEL

085873
Measuring the Impact of Air Pollution on Property Values
Smith, V. Kerry; Deyak, Timothy A.
Journal of Regional Science, December 1975, 15 3, 277-88
Geographic Location: U.S.
Descriptors: Housing Economics including nonurban housing (9320); conservation and pollution (7220)
abstract in JEL

072938
Effectiveness of Two Technical Assistance Efforts in Differing Environments
Stoner, James A. F.; Aram, John D.
Journal of Development Studies, July 1973, 9 4, 508-17
Descriptors: International Aid (4430); economic studies of developing countries (1210)

076029
The Ex-Slave in the Post-Bellum South; A Study of the Economic Impact of Racism in a Market Environment
Sutch, Richard; Ransom, Roger
Journal of Economic History, March 1973, 33 1, 131-48
Geographic Location: U.S.
Descriptors: economic history, North America excluding Mexico — history of factor prices and markets (0422); economics of minorities, economics of discrimination (9170)

129150
Avoidance Costs Associated with Imperfect Information: The Case of Kepone
Swartz, David G.; Strand Ivar E.,
Jr. Land Economics, May 1981, 57 2, 139-50
Geographic Location: U.S.
Descriptors: conservation and pollution (7220); consumer economics, levels and standards of living (9210)
abstract in JEL

078414
Economic Impact of Imposing Per Acre Restrictions on Use of Nitrogen Fertilizer in Illinois
Taylor, C. Robert; Swanson, Earl R.
Illinois Agricultural Economics. July 1974, 14 2. 1-5
Geographic Location: U.S.
Descriptors: agricultural supply and demand analysis (7110); conservation and pollution (7220)

142306
Aggregate Economic Effects of Alternative Boll Weevil Management Strategies
Taylor, C. Robert. et al.
Agricultural Economics Research. April 1983. 35 2. 19-28
Geographic Location: U.S.
Descriptors: agricultural supply and demand analysis (7110); conservation and pollution (7220)

109034
Gesamtwirtschaftliche Wirkungen der Umweltpolitik, (Economic Impact of Pollution Control Policies. With English summary.)
Tomann, Horst
Konjunkturpolitik. 1979. 25 1. 47-72
Geographic Location: W. Germany
Descriptors: conservation and pollution (7220)
abstract in JEL

078415
Economic Effects of a Total Farm Nitrogen Balance Approach to Reduction of Potential Nitrate Pollution
Walker, M. E., Jr.; Swanson, Earl R.
Illinois Agricultural Economics, July 1974, 14 2, 21-27
Geographic Location: U.S.
Descriptors: agricultural supply and demand analysis (7110); conservation and pollution (7220)

076614
Micro Economic Environmental Impact Methodology
Ward, Richard J.
American Economist, Spring 1974, 18 1, 82-52
Descriptors: conservation and pollution (7220)

110049
Decision Making for Toxic Substances Control: Cost-Effective Information Development for the Control of Environmental Carcinogens
Weinstein, Milton C.
Public Policy, Summer 1979, 27 3, 333-83
Geographic Location: U.S.
Descriptors: Economics of Health (9130)

109790
Distributional Effects of Collectivs Goods
Weisbrod, Burton A.
Policy Analysis, Winter 1979, 5 1. 67-95
Descriptors: welfare theory (0240); social choice and bureaucratic performance (0250); conservation and pollution (7220); economics of minorities, economics of discrimination (9170); consumer economics, levels and standards of living — Consumer Protection (9213)

108833
Measuring the Costs of Noise Nuisance from Aircraft: A Review Article
Whitbred, Michael
Journal of Transport Economics and Policy. May 1978, 12 2, 202-08
Descriptors: Economics of Transportation (6150); conservation and pollution (7220)

107268
The Effect of Air Pollution Upon Mortality; A Consideration of Distributed Lag Models
Wyzga, Ronald E. Journal of the American Statistical Association, September 1978. 73 363, 463-72
Geographic Location: U.S.
Descriptors: conservation and pollution (7220); Demographic Economics (8410)

Search 8: Enviroline

Sample Problem 2: Air Pollution Effects on Building Values and Maintenance Costs

Questions — Descriptors		No. of References
1. References to:	Economy, Impact, Air Pollution	119
2. References to:	Air Pollution, Damage	990
3. References to:	Building	1,965
	Real Estate	409
	House	1,109
	Housing	1,533
4. Reference to:	(1. and 2.) and any of 3.	42
5. Reference to:	Indoor	432
6. Reference to:	Not indoor	40
7. Print first twenty references of 6.		

Note: Data on the attached pages have been reproduced from computer printouts.

0171674 *84-003583
Acid Rain Irritates Congress and Canada.
Dunne Nancy
Financial Times of London, Feb 17, 84. P4
Although Presiendt Ronald Reagan is urging Congress to increase funding levels for acid rain research, no effective clean-up program or acid rain control effort has been instituted. Canadian officials have criticized President Reagan's stance on the acid rain issue. The acid rain phenomenon has caused untold damage in Canada and the Northeastern U.S.. killing aquatic life. Eroding buildings and monuments. And damaging forests. Supporters of acid rain control legislation seek to impose emission controls on utilities and smokestack industries of the Midwestern U.S.
Descriptors: *acid rain : *transnational pollution ; *Canada *United States East; *air quality programs; *stack emission control; air pollution damage; econ impact-air poll
Review Classification: 01

0171598 *84-003507
Acid Deposition and the Materials Damage Question,
Scholle Stephen R.
Environment, Oct 83, V25, N8, P25 (8)
Journal article acidic air pollutants are the primary agents of weathering and corrosion of marble statuary. Buildings, and monuments, mechanisms of acid rain damage to materials are explained; sulfur dioxide and other acid gases diffuse through oxidation and solution products that form on common material surfaces in the presence of water. Related research addressing the extent of such damage, and implications for public health in light of lead leaching from pigments and masonry materials are examined. (4 photos, 44 references, 1 table)
Descriptors: *acid rain; *air pollution damage; *weathering; *erosion; *sulfur dioxide; *coatings; *heavy metals; corrosion; leaching; lead; historic sites
Review Classification: 01

0168049 *84-000007
Estimates of the National Benefits and Costs of Improving Ambient Air Quality,
Brady, Gordon L.; Bower Blair T.; Lakhani Hyder A. Yale Univ,
J Env Management, Apr 83. V16, N3, P49 (2)
Estimates of national benefits and costs of ambient air quality improvement in the U.S. for the period 1970-78 are examined. The literature on national benefits to health and non-health is critically reviewed. For the study period, the value of these benefits was in the range $5-51 billion, with a point estimate of about $22 billion. National costs estimates by CE, U.S. Bureau of Economic Analysis, and McGraw Hill are discussed and compared. National benefits for improving ambient air quality exceed the national costs for the average and the high values of the benefits, but not for the low estimates. (49 references, 2 tables)
Descriptors: *cost benef analysis-air; *air quality programs; *economics, env-air; *econ impact-air poll cont; *air poll cont investment; *air pollution damage; *death rates; *visibility; aesthetics, env; crop damage; particulates; real estate; capital costs; air quality criteria
Review Classification: 01

0167458 *83-006118
The New Politics of Acid Rain
Trisko Eugene M.
Coal Mining & Processing, Jul 83, V20, N6, P50 (5)
Acid rain legislation is pending before both Houses of Congress. The underlying political foundations of the acid rain issue were based on environmental concerns in the 1970s. The shape of the controversy appears to be changing as concerns about unemployment, coal market disruption, and high electric utility rate impacts from emission reduction requirements are spawning a new generation of control proposals. An overview of the causes and environmental impacts of acid rain is presented. Costs and benefits of control options are evaluated, and the new politics influencing emission reduction legislation is discussed. (6 references, 2 tables)
Descriptors: *acid rain; *legislation, env-fed; *stack emission control; *united states east; *cost benef analysis-air; *econ impact-air poll; *air pollution damage; *air quality stands; energy impact assessment; power plant emission control; pollution tax; lobbying, env-fed; economics, env-air; sulfur dioxide
Review Classification: 01

0166390 *83-005099
Restoring a Russian Heritage Turns Out to be a Byzantine Task.
Daniloff Ruth Smithsonian, Mar 83, v13. n12. p64 (12)
Soviet efforts to preserve their heritage by restoring palaces, churches, paintings, icons, an other historical treasures are chronicled. Many Russian leaders after Lenin have argued that art and architecture associated with religion should be eradicated, while Russianophiles claim that these are treasures of Soviet culture. Despite the Soviet government's initial attempts at preservation, restorers claim more work is needed. The government's planning commission has emphasized the industrial future over the cultural past. A new level of restoration skill must supplement traditional methods because of the effects of industrial pollution on many (cont. next page) buildings. Ninety-percent of Soviet art restorers are not trained in the latest techniques and can cause damage. (12 photos)
Descriptors: *historic sites; *USSR; *buildint design; *air pollution damage; *aesthetics, env; philosophical implictn env
Review Classification: 05

0165501 *83-004233

Acid Rain,

Boyle Robert H: Boyle R. Alexander Amicus J, Winter 83, V4, N3, P22 (16)

Feature article an overview of the acid rain phenomenon threatening the environments of Canada and the U.S. is presented. Acid rain is caused by the emission of 50-60 million tons of sulfur dioxide and nitrogen oxides from fossil fuel combustion. In the atmosphere, S02 and nox can be transformed into sulfuric acid and nitric acid and air currents can carry them thousands of miles from their source. When the acids fall to earth, they can have a devastating effect on lands and waters that have low natural buffering capacity. The impacts of acid precipitation on fish, human health, crops and forests, and buildings and monuments are discussed. Efforts being made by local, state, and the federal authorities to deal with this problem are examined. (1 diagram, 4 maps, 5 photos)

Descriptors: *acid rain; *air pollution damage; *fish kills; *heavy metals; *sulfur doxide; *nitrogen oxides; *transnational pollution; *policy-planning; crop damage; PH hydrogen ION concentratn; sulfuric acid; North America; atmospheric pollutant deposition; power plant emissions

Review Classification: 01

0165470 *83-004202

Reactions Between Vehicle Emissions and Building Materials,

Martin Keith G.

CSIRO.

Clean Air, Nov 82, V16, N4, P60 (6)

Technical feature mechanisms of potential reactions between air pollutants and building materials are reviewed. The review serves as a basis for estimating damage to buildings in Australian cities due to motor vehicle emissions. Reactions and degradation mechanisms considered include photooxidation, chalking, ozonolysis, deterioration of rubber and fabrics, Corrosion, erosion, and soiling are discussed. (42 references)

Descriptors. *automobile emissions; *buildings; *Australia; *air chemistry; *air pollution damage; *photodegradation; *corrosion; *erosion; *soiling index; particulates; ozone; zinc; coatings

Review Classification: 01

0162799 *03-001629

Conservation of Historic Stone Buildings and Monumrnyd (Some Illustrative Preservation Problems and Treatments in Washington, D.C.,)

Roth J. Walter

US General Services Admin, DC.

NAS/NATL Research Council Report, 1982, P31 (18)

Survey report in conjunction with a self-guided tour of historic stone buildings and monuments in Washington, DC, A diagrammatic map was prepared, noting the street locations of the subjects. Preservation problems, treatments, and evaluations for each structure are discussed. The aging and deterioration of historic buildings is attributed to staining and discoloration, weathering and pollution, or impacts of mineralization, vegetation, and pests. (1 map, 8 photos)

Descriptors: *Washington, DC; *historic sites; *landmark preservation; *aesthetics, env-urgan; *air pollution damage; weathering; pest control

Review Classification: 05

0162622 *83-001452

Conservation of Historic Stone Buildings and Monuments (Measurement of Local Climatological and Air Pollution Factors Affecting Stone Decay),

Tobach Ivar

Aerovironment, CA,

NAS/NATL Research Council Report, 1982, P197 (14)

Technical feature the atmosphere is a primary contributor to the decay of stone in historic buildings. These contributors range from the natural consequences of rainfall, wind frost, and heat to the complicated chemical and biological processed resulting from pollution. A list of such factors is broken down into these groups: available moisture in the form of rain, fog, and humidity; atmospheric temperature; the cooling and heating of surfaces by wind and radiation; evaporation and condensation on surfaces; the motion of air; and the presence of pollutants. Techniques for measuring parameters within each group have been developed, and can be applied to assist in research on stone preservation. (17 references, 3 tables)

Descriptors: *air pollution damage; *historic sites; *weathering; *humidity; *erosion, wind; *erosion, water; *armospheric pollutant deposition; *aerosols; fog; rainfall; solar radiation; nitrogen oxides; sulfur dioxide; atmospheric temperature

Review Classification: 01

0153410 *81-006203

Effects of Acid Precipitation in North America.

Glass, Norman R.; Glass Gary E.; Rennie Peter J. EPA. Ore, Env Intl, 1980, V4, N5&6, P443 (10)

Technical feature acid precipitation in North America has spread south- and westward, producing 3.0-4.0 PH values during the individual storms. Acid rain has improverished aquatic flora and fauna, lead to fish extermination, and caused low aquatic productivity in poorly buffered streams and lakes. Acid precipitation, which way also cause damage to forest growth, crop production, wildlife, and man-made materials such as buildings, metals, paints, and statuary, should be further investigated. Sensitive areas of North America should be identified so that field research programs can be focused geographically in those areas. (5 graphs)

Descriptors: *acid rain; *north america; *air pollution damage; *lakes; *water pollution damage; *aquatic ecosystems; *stack emissions; *forest ecosystems; tree damage; corp damage; poser plants-coal fired; fish kills; soil chemistry; food crops

Review Classification: 01

0152825 *81-005642

Speech by Ellis B. Cowling.

Presented At EPA Acid Rain Conf, VA, Apr 8-9, 80, P27 (54)

Technical feature mechanisms of atmospheric deposition associated with acid rain are examined. Anthropogenic sources of acid rain precursors, including industrial stack emissions and forestry activities, are identified. The consequences of acid precipitation have been documented; these include damage to vegetation and aquatic ecosystems and erosion of buildings and monuments. (1 diagram, G graphs, 2 maps, 30 photos)

Descriptors: *acid rain; *air pollution damage; *stack emissions; *water pollution damage; *legumes; *erosion; corrosion; aquatic organisms; sulfates; EPA conf paper

Review Classification: 01

0152091 *81-004933

Downwind: The Acid Rain Story,

Env Canada Report, 1981 (23)

Special report eastern portions of Canada and the U.S. are being affected by acid rain. Lake acidification, fish kills, crop damage, and weathered buildings are evidence of the damage resulting from such precipitation. Mechanisms of precursor transport and chemistry are surveyed. Emission controls must be placed on stationary and mobile sources. Coal, the main culprit responsible for sulfur dioxide emissions, can be washed to reduce the amounts of this precursor emitted to the atmosphere. (1 drawing, 1 graph, 4 maps, 23 photos)

Descriptors: *acid rain; *air pollution damage; *aqustic ecosystems; *sulfur dioxide; *nitrogen oxides; *atmospheric diffusion; *north america; *fish kills; soil chemistry; wildlife; buildings; erosion; health, env; transnational pollution

Review Classification: 01

0150655 *81-003545

Effect of Acid Rain on Structures,

Gauri K. LAL

Univ of Louisville,

Presented at ASCE Acid Rain Sym, Boston, Apr 2-6, 79, P70 (22)

Technical feature the effects of acid rain on marble used in the construction of architectural monuments and structures are discussed. Emphasized is damage suffered by the Georgia marble exposed on the exterior of the field museum of natural history in Chicago. Acid rain has caused chemical reactions to occur on marble surfaces, with resultant weathering, fracturing, and loss of sculptured details. (1 diagram, 2 graphs, 15 photos, 9 references 2 tables)

Descriptors: *acid rain; *weathering; *buildings; *air chemistry; *air pollution damage; urban atmosphere; conf paper

Review Classification: 01

0148464 *81-001462

Measuring the Social and Economic Impacts of Air Pollution Control Programs,

Savino Charles R.

Rice Center, Houston,

Presented at APCA Ozon/Oxidants: Interactions with the Total Env Conf, Houston, Oct 14-17, 79, P170 (14)

Technical Report Houston, Tex., and St. Louis, Mo., may be required to implement air pollution controls in addition to those already existing. A socioeconomic impact analysis methodology was developed to evaluate the regional social and economic consequences of such controls. Quantitative indicators used to measure impacts were regional economic growth, regional employment and population, average household income, personal mobility, and costs of controls to business. Analysis suggests that controls would be costly to households and business, would result in long-term reductions in metropolitan growth in Houston, would induce slight positive growth in St. Louis, and would significantly reduce hydrocarbon emissions. (2 diagrams, 2 references, 5 tables)

Descriptors: *econ impact-air poll cont; *air quality programs; *stack emission control; *emission control standards; *socioeconomic impact assess; *mathematic models-air; *mathematic models-economics; *economics, env-air; *Houston; St-Louis; employment; air poll cont investment; APCA conf paper

Review Classification: 01

0146954 81-000001
Air Pollution Effects on Social Policies,
Lave Lester B.
Carnegie-Mellon Univ,
ASHRAE Trans, 1979, V85, N2, P9 (5)
Survey report conflicts between the goals of environmental safety and energy conservation and the use of automobiles, industrial activity, and building heating and cooling are discussed. Problems inherent in the effort to achieve the objectives of various stringent environmental regulations that have been implemented during the past decade are examined. However, it is possible to balance the benefits and costs of environmental regulation. Scientific analysis of tradeoffs, of how to achieve stated goals, and of the real benefits of achieving these goals can help to eliminate some of the conflicts.
Descriptors: *ASHRAE conf paper; *air pollution effects; *socioeconomic impact assess; *law, env-fed; *emission control standards; *econ impact-air poll cont; *energy conservation; *cost benef analysis-air; automobile emission control; stack emission control; air quality stands, source; capital costs; automobile fuel economy
Review Classification: 01

0144251 80-004186
Ancient Polish City is Pollution Victim,
Darnton John
New York Times, Jun 8, 80, P5
News report damage to buildings and monuments caused by air pollution in Cracow, Poland, is reported. The central market of the town, which has been described as the finest surviving example of a medieval habitat, is threatened by heavy air pollution from surrounding industrial areas. The main cause of the air pollution is the widespread use of coal in Poland. Efforts to restore the older buildings in Cracow have begun.
Descriptors: *air pollution damage; *urban atmosphere; *Poland; *aesthetics, env-urban; *coal usage-region; urban renewal
Review Classification: 01

0143519 80-K00114
The Economic Impact of Air Pollution and Aircraft Noise on Residential Property Values; A Selected Bibliography,
1869-1977
Tomassoni Mark E.
Monticello. Ill. Council of Planning Librarians, 1978, 6 PP, $1.50 PA.
Technical feature
Descriptors: *airplane noise; *econ impact-air poll; *econ impact-noise poll; *real estate
Review Classification: 09

0142820 *80-002812
A Preference Approach to Measuring the Impact of Environmental Externalities,
Mark Jonathan J.
Univ of British Columbia,
Land Economics, Feb 80, V56, N1, P103 (14.)
Technical report the impact of air pollution on urban housing prices is examined through the development of a theoretical model that suggests that the relationship between externalities and property values may be interpreted in a preference context. Variables considered include sale prices, number of rooms in housing units, proximity of housing to central business districts, and air pollution data. Estimates of impacts are expressed as housing price differentials that are due to the externality. (22 references, 4 tables)
Descriptors: *air pollution effects; *urban atmosphere; *economics, env-land; *prices; *housing; *mathematic models-air; *mathematic models-economics; *mathematic models-land; econ impact-air poll; real estate
Review Classification: 01

0141365 80-001408
Distributional Analysis of Regional Benefits and Cost of Air Quality Control.
Loehman, E.T.; Berg S. V.; Arroyo A. A.; Hedinger R. A.; Schewartz J. M.; Shaw M. E.; Fahien R. W.
Univ of Florida,
J Env Economics & Management, Sep 79, V6, N3, P222 (22)
Technical report a cost-benefit analysis of air quality programs in urban areas of Florida is discussed. A mathematic model is developed to incorporate regional emission sources, ambient pollutant levels resulting from meteorological conditions, and the socioeconomic characteristics of impacted population groups. Results indicate that the requirements to use 0.5% sulfur fuel in urban power plants generates net household benefits to the majority of the population. (1 diagram, 2 graphs, 1 map, 41 references, 8 tables)
Descriptors: *urban atomosphere; *regional planning; *economics, env-air; *air poll cont investment; *power plant emissions; *mathematic models-air; *mathematic models-economics; *air pollution effects; health, env; Florida; econ impact-air poll cont; income comparisons
Review Classification: 01

0139962 *80-000056
Acid Rain: Research Summary,
EPA Report EPA-600/8-79-028. Oct 79 (23)
Special report described is EPA's program for investigating the existing U.S. acid rain problem and for building a data base for possible future regulatory actions. EPA research on the aquatic and terrestrial effects of acid rain, on monitoring techniques for acid precipitation. And on atmospheric processed causing acid precipitation are summarized. Acid rain studies at labs and universities throughout the U.S. are summarized. (1 diagram, 1 drawing, 2 graphs, 6 maps, 8 photos, 11 references)
Descriptors: *acid rain; *air pollution damage; *atmospheric pollutant deposition; *air chemistry; *area comparisons; *aquatic ecosystems; *forest ecosystems; *crop damage; eatershed management. Great lakes; PH hydrogen ION concentration
Review Classification: 01

BIBLIOGRAPHY

1. Atkins, M.H., and Lowe, J.F. 1977. *Pollution control costs in industry: an economic study.* Oxford, England: Pergamon Press Limited.

2. Barnett, H.J. and Morse, C. 1963. *Scarcity and growth: the economics of natural resource availability.* Baltimore, Md.: Johns Hopkins University Press for Resources for the Future.

3. Beckerman, W. 1975. *Pricing for pollution: an analysis of market pricing and government regulation in environment consumption and policy.* Sussex, England: The Institute of Economic Affairs.

4. Biniek, J.P. 1981. *Benefit-cost analysis and environmental decision-making.* Washington, D.C.: U.S. Library of Congress Congressional Research Service.

5. Boulding, K.E. 1966. *The economics of the coming spaceship earth. In Environmental quality in a growing economy,* edited by Henry Jarrett. Baltimore, Md.: Johns Hopkins University Press for Resources for the Future.

6. Boulding, K.E. 1981. *Evolutionary economics.* Beverly Hills, Cal.: Sage Publications.

7. Burness, H.S., et al. 1980. *Thermodynamic and economic concepts as related to resource-use policies. Land Economics. 56 (1): 1-9.*

8. Caccia, C. (n.d.). *(Written communication to the Honourable Donald S. Macdonald, Chairman, Royal Commission on the Economic Union and Development Prospects for Canada.)* Ottawa, Ont.: Department of the Environment. 6 pp.

9. Caccia, C. 1983. *Notes for an address by the Honourable Charles Caccia, Minister of the Environment, public consultation meetings, Hamilton, Ontario, October 28, 1983.* Ottawa, Ont.: Department of the Environment.

10. Canada. Department of the Environment. 1984. *Sustainable development: a submission to the Royal Commission on the Economic Union and Development Prospects for Canada.* Ottawa, Ont.: Department of the Environment.

11. Canada. Canadian Environmental Advisory Council. 1983. *A submission to the Royal Commission on the Economic Union and Development Prospects for Canada.* Ottawa, Ont.: Canadian Environmental Advisory Council.

12. Checkland, P.B. 1981. *Systems thinking, systems practice.* Bath, England: Pitman Press.

13. Clark, R.M. 1978. *Analysis of urban solid waste services: a systems approach.* Ann Arbor, Mich.: Ann Arbor Science Publishers.

14. Daly, H.E. 1973. *Toward a steady state economy.* San Francisco, Cal.: W.H. Freeman and Company.

15. Daly, H.E. 1979. *Entropy, growth, and the political economy of scarcity. In Scarcity and growth reconsidered,* edited by V.K. Smith. Baltimore, Md.: Johns Hopkins University Press for Resources for the Future.

16. Dewees, D.N., Everson, C.K., and Sims, W.A. 1975. *Economic analysis of environmental policies.* Toronto, Ont.: University of Toronto Press for the Ontario Economic Council.

17. Dorcey, A.H.J. 1984. *Interdependence between the economy and the environment: from principles to practice. Background paper for Environment Canada for OECD International Conference on Environment and Economics, June 1984, Paris, France.* Unpublished.

18. Dorcey, A.H.J., and Hall, K.J. 1981. *Setting ecological research priorities for management: the art of the impossible in the Fraser estuary.* Vancouver, B.C.: Westwater Research Centre, University of British Columbia.

19. Downing, P.B. 1984. *Environmental economics and policy.* Toronto, Ont.: Little, Brown and Company.

20. *Economic and ecological interdependence: a report on selected environment and resource issues. 1982. Paris, France:* Organisation for Economic Co-operation and Development.

21. *Environmental quality and social behavior: strategies for research.* Report on a Study Conference on Research Strategies in the Social and Behavioral Sciences on Environmental Problems and Policies. 1973. Washington, D.C.: National Academy of Sciences.

22. *Environmental quality: the eleventh annual report. 1980.* Washington, D.C.: U.S. Council on Environmental Quality. p387+.

23. Fisher, A.C. and Peterson, F.M. 1976. *The environment in economics: a survey.* Journal of Economic Literature. 14 (1): 1-33.

24. Freeman, A.M. 1979. *The benefits of environmental improvement: theory and practice.* Baltimore, Md.: Johns Hopkins University Press for Resources for the Future.

25. *The future of the world economy: a study on the impact of prospective economic issues and policies on the International Development Strategy. 1977.* New York, N.Y.: United Nations. Department of Economic and Social Affairs.

26. Georgescu-Roegen, N. 1966. *Analytical economics.* Cambridge, Mass.: Harvard University Press.

27. Georgescu-Roegen, N. 1971. *The entropy law and the economic process.* Cambridge, Mass.: Harvard University Press.

28. Georgescu-Roegen, N. 1979. *Energy analysis and economic valuation.* Southern Economic Journal 45: 1023-58.

29. Georgescu-Roegen, N. 1981. *The crisis of natural resources.* Challenge March/April: 50-6.

30. Gysi, M. 1980. *Energy, environmental, and economic implications of some recent Alberta water resources projects.* Water Resources Bulletin 16 (4): 676-80.

31. Haveman, R.H. and Christainsen, G.B. 1981. *Environmental regulation and productivity growth.* Natural Resources Journal 21 (3): 489+.

32. Hill, G.C. 1978. *Businesses are finding environmental laws can be useful to them.* Wall Street Journal June 9 p1.

33. Hjalte, K., Lidgren, K. and Stahl, I. 1977. *Environmental policy and welfare economics.* Cambridge, England: Cambridge University Press.

34. Holling, C.S., ed. 1978. *Adaptive environmental assessment and management.* Toronto, Ont.: John Wiley.

35. *The impact of tourism on the environment.* 1980. Paris, France: Organisation for Economic Co-operation and Development.

36. *International symposium on environment: toward a pollution-free society,* May 26-28, 1976, Imperial Hotel, Tokyo. 1976. Tokyo, Japan: Japan Productivity Center. Nihon Keizai Shimbun.

37. James, D.E., Jansen, H.M.A., and Opschoor, J.B. 1978. *Economic approaches to environmental problems: techniques and results of empirical analysis.* Amsterdam, The Netherlands: Elsevier Scientific Publishing Company.

38. Joy, C.S. 1975. *Water quality models of the lower Fraser River.* Vancouver, B.C.: Westwater Research Centre, University of British Columbia. Technical Report no. 6.

39. Kneese, A.V. 1977. *Economics and the environment.* New York, N.Y.: Penguin Books.

40. Knetsch, J.L. and Freeman, P.H. 1979. *Environmental and economic assessments in development project planning.* Journal of Environmental Management 9 (3): 237-46.

41. Lack, T.J., ed. 1985. *Environmental protection: standards, compliance and costs.* Rexdale, Ont.: John Wiley.

42. Lakshmanan, T.R. and Nijkamp P., eds. 1980. *Economic-environmental-energy interactions: modelling and policy analysis.* Boston, Mass.: Martinus Nijhoff Publications.

43. Latsis, S.J., ed. 1976. *Method and appraisal in economics.* Cambridge, England: Cambridge University Press.

44. Lowe, J. and Lewis, D. 1980. *The economics of environmental management.* Oxford, England: Philip Allan Publishers Limited.

45. Lowe J., Lewis, D., and Atkins, M. 1982. *Total environmental control: the economics of cross-media pollution transfers.* Toronto, Ont.: Pergamon Press.

46. Maler, K.-G. and Wyzga, R.E. 1976. *Economic measurement of environmental damage: a technical handbook.* Paris, France: Organisation for Economic Co-operation and Development.

47. Mason, T.W. 1979. *Energy, environment and economics: some practical approaches to analyses.* Presented at the Missouri Department of Natural Resources/University of Missouri 6th Annual Energy Conference, October 16-18, 1979, Rolla. p508+.

48. Milbrath, L.W. 1984. *Environmentalists: vanguard for a new society.* Albany, N.Y.: State University of New York Press.

49. Nijkamp, P. and Spronk, J., eds. 1981. *Multiple criteria analysis: operational methods.* Aldershot, England: Gower Press.

50. O'Dette, R.G. 1979. *Environmental control regulations: a significant source of economic stress.* Presented at the WWEMA 7th annual industrial pollution conference, June 5-7, 1979, Philadelphia, Pa. p477+.

51. Peterson, F.M. and Fisher, A.C. 1977. *The exploitation of extractive resources: a survey.* Economic Journal 87: 681-721.

52. *The polluter pays principle: definition, analysis, implementation.* 1975. Paris, France: Organisation for Economic Co-operation and Development.

53. *Pollution charges: an assessment.* 1976. Paris, France: Organisation for Economic Co-operation and Development.

54. *Problems of environmental economics:* record of the Seminar held at the OECD in summer 1971. 1972. Paris, France: Organisation for Economic Co-operation and Development.

55. Ridker, R.G. and Watson, W.D. 1980. *To choose a future: recourse and environmental consequences of alternative growth paths.* Baltimore, Md.: Johns Hopkins University Press for Resources for the Future.

56. Rifken, Jeremy. 1980. *Entropy: a new world view.* New York: Viking Press.

57. Rinaldi, S., ed. 1982. *Environmental systems analysis and management.* Working Conference, September 28-30, 1981, Rome, Italy. Amsterdam, The Netherlands: North-Holland Publishing Company.

58. Smith V.K., ed. 1979. *Scarcity and growth reconsidered.* Baltimore, Md.: Johns Hopkins University Press for Resources for the Future.

59. Smith V.K., and Krutilla, J.V., eds. 1982. *Explorations in natural resource economics.* Baltimore, Md.: Johns Hopkins University Press for Resources for the Future.

60. Soddy, F. 1922. *Cartesian economics: the bearing of physical science upon state stewardship.* London, England: Hendersons.

61. Sokolovsky, V.G. 1977. *The role of the economic factor in major decision making concerning complex environmental problems.* Presented at Yerevan 1st US/USSR environmental economics symposium, October 22, 1977, USSR. p96+.

62. Solow, R.M. 1974. *The economics of resources or the resources of economics.* American Economic Review 64 (2): 1-14.

63. *Statement of Mrs. Brundtland at the opening session of the inaugural meeting of the World Commission on Environment and Development, October 1-3, 1984, Geneva, Switzerland.*

64. *The status of environmental economics: an update.* 1979. Washington, D.C.: U.S. Library of Congress, Environment and Natural Resources Policy Division. (96th Congress, 1st Session. Committee print. Serial no. 96-6).

65. Stewart, I.M.T. 1979. *Reasoning and method in economics: an introduction to economic methodology.* London, England: McGraw-Hill.

66. Truitt, T.H., and Bravin, M.N. 1979. *Enforcing environmental protection policies through federal contracts.* Environmental Regulation Analyst 1 (1): 8-11.

67. Van Delft, A., and Nijkamp, P. 1977. *Multi-criteria analysis and regional decision-making.* Leiden, The Netherlands: Martinus Nijhoff.

68. Van Schaik, R.J. 1976. *The impact of the economic situation on environmental policies.* OECD Observer no. 79 (January-February): 25-6.

69. Waage, P. 1981. *Economics and environment.* Industry and Environment Special issue no. 2: 5-7.

70. *Waste paper recovery: economic aspects and environmental impacts.* 1979. Paris, France: Organisation for Economic Co-operation and Development.

71. White, F.C., et al. 1980. *Environmental and economic impact of agricultural land use conversion: an evaluation methodology.* Springfield, Va.: National Technical Information Service.

72. Willard, B.E. 1976. *Are national environmental and economic objectives compatible?* Presented at 41st North American Wildlife and Natural Resources Conference, March 21-25, 1976, Washington, D.C. Wildlife Management Institute. p591-6.

73. Zhamin, V. 1977. *Ecology and economics. In Problems of economics.* White Plains, N.Y. p74.

SUPPLEMENTARY READING

1. Arntzen, J.W., and Braat, L. 1983. *An integrated environmental model for regional policy analysis. In Systems and models for energy and environmental analysis*, edited by T.R. Lakshmanan and P. Nijkamp. Aldershot, England: Gower Press.

2. Bannink, R., Broekhof, C.C., and Nijkamp, P. 1983. *A programming approach as a design for economic policy. In Systems and models for energy and environmental analysis*, edited by T.R. Lakshmanan and P. Nijkamp. Aldershot, England: Gower Press.

3. Burness, H.S., and Lewis, T.R.. 1977. *Democratic exploitation of a non-replenishable resource.* California University of Technology. Social Science Working Paper No. 161.

4. Eagly, R.V. 1974. *The structure of classical economic theory.* New York, N.Y.: Oxford University Press.

5. Hafkamp, W.A., and Nijkamp, P. 1982. *Conflict analysis in environmental-economic regional systems. In Environmental systems analysis and management*, edited by S. Rinaldi. Amsterdam, The Netherlands: North-Holland Publishing Company. p.639-52.

6. Kuhn, T.S. 1970. *The structure of scientific revolutions.* Chicago, 111.: University of Chicago Press.

7. Lakshmanan, T.R. 1979. *A multi-regional policy model of the economy, environmental and energy demand.* Boston, Mass.: Boston University. Working Paper NSF 79-1.

8. Nijkamp, P., and Rietveld, P., eds. 1984. *Information systems for integrated regional planning.* Amsterdam, The Netherlands: North-Holland Publishing Company.

9. Rietveld, P. 1982. *A general overview of multi-regional economic models. In Multi-regional economic modelling: practice and prospect*, edited by B. Issaev, et al. Amsterdam, The Netherlands: North-Holland Publishing Company. p15-34.

Conseil consultatif canadien de l'environnement
Canadian Environmental Advisory Council

1 9 8 5

Conseil consultatif canadien de l'environnement

Étude des liens entre l'environnement et l'économie

Envirocon Limited
Auteur principal: R.A.Knowles

Canada

Conseil

consultatif

canadien

de l'environnement

Rapport n° 16

Les demandes de renseignements au sujet des travaux du Conseil doivent être adressées au:

Secrétaire exécutif
Conseil consultatif canadien de l'environnement
a/s Environnement Canada
Ottawa (Ontario)
K1A 0H3

© Ministre des Approvisionnements et Services Canada 1986
N° de cat. EN 92-3/1986F
ISBN 0-662-93736-8

This report is also available in English

Remerciements

La réalisation d'une étude exige la collaboration de nombreuses personnes et ceci est particulièrement vrai dans le cas présent. Au cours de cette étude, plusieurs membres du Conseil consultatif canadien de l'environnement ont fait des suggestions et des commentaires très pertinents et leurs efforts ont permis de traiter ce sujet complexe d'une façon plus globale et plus approfondie. Je tiens à souligner en particulier l'apport de Dr S.A.M. Conover et de M. B.A. Hubert, membres du Conseil.

Mmes Leigh-Ann Topfer et D. Turnbull d'Envirocon Ltd. figurent au nombre des personnes qui ont largement contribué à la préparation du rapport. En outre, Mlle M. Kelman et M. P.J. Kavanagh ont aidé à vérifier la bibliographie.

M. Max McConnell, Secrétaire exécutif du Conseil, a fait office de responsable du projet et a révisé le rapport avant sa publication. MM. Malcolm Jordan, Noel Gates et Myles MacMillan ont corrigé le rapport anglais. La version française a été rédigée par M. Jean-Luc Malherbe, révisée par Mme Hélène Bruyère et vérifiée par Mme Laïla Hawara.

Le Conseil consultatif canadien de l'environnement mérite des remerciements et des félicitations car il a proposé l'étude de ce sujet et s'est toujours efforcé de favoriser la poursuite de discussions approfondies. J'ose espérer que les efforts déployés par le Conseil donneront naissance à des commentaires constructifs et stimuleront de nouvelles initiatives visant à mieux comprendre les interactions qui existent entre l'économie canadienne et l'environnement.

R.A. Knowles

TABLE DES MATIÈRES

PAGE

Liste des figures iv

Avant-propos v

Introduction vi

Les interdépendances dans la société moderne *(Chapitre 1)* 1

La théorie économique et la mesure des relations économico-environnementales *(Chapitre 2)* 5

- **Introduction** 5
- **La théorie économique néo-classique** 6
- **La théorie économique thermodynamique** 8
- **L'économie évolutionniste — Une nouvelle synthèse** 14
- **Conclusion** 15

Approche analytique pour évaluer les interdépendances de l'environnement et de l'économie *(Chapitre 3)* 16

- **Introduction** 16
- **Approche systématique de l'élaboration des politiques économiques et environnementales** 16

Recherche de renseignements économico-environnementaux *(Chapitre 4)* 21

- **Examen des sources** 21
- **Recherches préliminaires dans certaines bases de données choisies** 29

Conclusions et besoins futurs de recherche *(Chapitre 5)* 30

- **Conclusions** 30
- **Récapitulation des besoins futurs de recherche** 30

Annexes

- **Annexe 1 — Examen des approches analytiques** 32
  - *Analyse entrées-sorties* 32
  - *Modèles de la balance des matériaux et matières et des systèmes écologiques* 34
  - *Analyse intégrée des incidences environnementales* 34
  - *Modélisation intégrée de l'environnement* 35
  - *Structure intégrée pour les interactions économico-environnementales* 35
  - *Analyse coûts-avantages* 37
  - *Modèles multirégionaux économie-environnement* 37
  - *Projection à plans multiples (PPM) : Nouvelle méthode de modélisation économico-environnementale* 39
- **Annexe 2 — Résultats des recherches dans les bases de données** 49
  - *Liste des échantillons de recherches* 49
  - *Recherche 1 : Economic Index* 50
  - *Recherche 8 : Enviroline* 61

Bibliographie 66

Autres ouvrages 70

LISTE DES FIGURES

FIGURE		PAGE
1.	Modèle conceptuel de la balance des matériaux et matières de deux économies interreliées	3
2.	Flux des matériaux et matières et de l'énergie dans la société	9
3.	Modèle des flux de matériaux et matières	10
4.	Spectre des fins et des moyens	13
5.	Diagramme schématique identifiant les principales composantes d'une analyse systématique des incidences	18
6.	Analyse entrées-sorties faisant partie intégrante d'un modèle économie-environnement	33
7.	Structure d'un modèle de balance des matériaux et matières	34
8.	Diagramme d'un système économico-environnemental intégré simple	36
9.	Diagramme des interactions dans un modèle économico-environnemental intégré	38
10.	Variables d'un modèle MEEDE	40
11.	Structure d'un modèle multirégional économie-environnement — demande d'énergie	40
12.	Variables du MIEEDE	41
13.	Modèle multirégional intégré des États-Unis	41
14.	Représentation fondamentale d'un système économique	44
15.	Représentation fondamentale d'un système environnemental	44
16.	Modèle économico-environnemental d'un système spatial résultant d'une projection à plusieurs plans	45
17.	Modèle économique d'une centrale électrique	46
18.	Balance de l'énergie d'une centrale électrique	46
19.	Modèle économique de l'énergie d'une centrale électrique résultant d'une projection à plusieurs plans	47
20.	Version simple d'un modèle à trois plans obtenu par une projection à plans multiples	48

AVANT-PROPOS

Le Conseil consultatif canadien de l'environnement (CCCE) s'intéresse depuis un certain temps aux liens qui existent entre l'environnement et l'économie. De façon intuitive, ses membres ont pensé que la planification et la gestion de l'environnement sont rentables et primordiales pour assurer l'avenir économique du Canada. Le présent rapport est le miroir des efforts déployés par le Conseil pour apporter plus de précisions, pour commencer à illustrer les liens, pour jeter un premier coup d'oeil sur la documentation disponible dans le domaine et pour élaborer des méthodes utiles en vue de comprendre les relations entre l'environnement et l'économie. Sans cette compréhension, les Canadiens continueront à prendre des décisions économiques et environnementales sans se rendre compte de leur importance mutuelle. Après tout, l'environnement naturel est le fondement de toutes les formes d'activité humaine.

Le présent document propose un moyen de décrire et de mesurer la relation qui existe entre l'économie et l'environnement naturel au Canada. L'histoire nous a certes enseigné que certains types d'activités économiques peuvent nuire à l'environnement. Fort heureusement, on se rend maintenant de plus en plus compte que de nombreuses mesures de protection de l'environnement peuvent engendrer des avantages économiques et qu'une performance économique soutenue dépend de la protection de l'environnement. Autrement dit, la performance économique et la qualité de l'environnement constituent les deux faces d'une même pièce au lieu d'être diamétralement opposées. Par ailleurs, les Canadiens apprécient leur environnement pour des raisons culturelles, esthétiques et spirituelles. Dans bien des cas, ces valeurs justifient en elles-mêmes la protection intensive de l'environnement.

Bien que le Conseil ait mis l'accent, dans la présente étude, sur les facteurs économiques, cela ne signifie pas qu'il faut attacher moins d'importance aux autres valeurs environnementales. Du point de vue économique, c'est néanmoins l'environnement du Canada qui fournit les matières premières qui actionnent le système économique. Chose ironique, c'est également l'environnement qui reçoit tous les sous-produits superflus rejetés par le système économique qu'il alimente.

Un grand nombre de nos ressources naturelles sont communément appelées «renouvelables». Toutefois, elles ne sont renouvelables que si on les gère comme il faut pour garantir une utilisation continue. En ce qui concerne les ressources non renouvelables, nous avons une obligation toute particulière à remplir pour nous assurer que leur utilisation est saine sur le plan environnemental. En résumé, il apparaît de plus en plus que l'avenir de notre société pourrait bien dépendre de la façon dont nous appliquerons des principes de conservation ou une éthique environnementale au système économique.

La présente étude des liens entre l'environnement et l'économie a nécessité un examen préliminaire de la documentation pertinente qui existe sur le sujet à l'heure actuelle, l'identification de diverses perspectives économiques, l'examen des méthodologies et des approches analytiques et une recherche documentaire dans certaines bases de données pour déterminer la disponibilité et la qualité des données pertinentes à quelques exemples de liens.

Les recherches ont révélé que les relations entre l'environnement et l'économie sont très complexes et actuellement mal comprises et mal décrites. En outre, il existe des divergences d'opinion radicales entre les économistes théoriques à propos des interactions et des interdépendances de l'activité économique, du bien-être de l'humanité et de l'environnement naturel. Toutefois, la diversité des points de vue émis sur le sujet ne devrait pas, à notre avis, entraver un examen plus poussé des relations, ni nous empêcher d'encourager une meilleure compréhension et une meilleure prise de conscience de la relation intime qui existe entre la performance économique, la qualité de l'environnement et la qualité de la société humaine. Enfin, il ne faudrait pas attendre le jour lointain où toutes les divergences d'opinion auront été aplanies et où des montagnes de données précises auront été produites avant d'introduire, dans l'élaboration des politiques, une certaine compréhension des relations entre l'économie et l'environnement.

Pour le Conseil, cette étude n'est pas une fin en soi mais plutôt un point de départ dans son examen de certains liens et de leur valeur ou coût connexe. Toutefois, élément extrêmement important, cette étude pourrait constituer un point de départ pour d'autres institutions, groupes et organismes voulant étudier en profondeur les liens entre l'économie et l'environnement.

Le dernier chapitre du présent rapport énonce un certain nombre de recommandations visant des mesures futures, ainsi qu'une liste récapitulative des recherches qu'il faudrait effectuer. Le Conseil ne sous-entend pas que toutes les études effectuées dans le domaine doivent suivre l'approche holistique générale recommandée au chapitre 4. Par exemple, des études plus restreintes peuvent s'avérer plus rentables dans certains cas. Ces études doivent toutefois reconnaître implicitement ou explicitement les limites imposées par un cadre moins holistique.

Le Conseil est persuadé qu'il faut entreprendre d'autres recherches sur les liens entre l'économie et l'environnement pour s'assurer que les responsables canadiens de l'élaboration des politiques, ainsi que de la prise des décisions et de la formulation des plans d'action, auront une meilleure compréhension des interactions qui existent entre l'économie et l'environnement naturel. Il est urgent d'entreprendre de nouvelles recherches. À long terme, notre système socio-économique réagit intégralement en fonction de l'environnement naturel dont il dépend entièrement.

Conseil consultatif canadien de l'environnement

INTRODUCTION

Le grand public prend davantage conscience chaque jour de la façon dont notre bien-être dépend étroitement de l'état de notre environnement. Il devient de plus en plus manifeste qu'il faut élargir les processus de prise de décisions du gouvernement et du secteur privé afin de s'assurer que les objectifs économiques à court terme ne causent pas des dommages irréparables aux ressources environnementales et aux avantages économiques futurs qui peuvent en découler. En tenant compte de ces considérations, le Conseil consultatif canadien de l'environnement s'est efforcé d'accroître la connaissance des relations qui existent entre la qualité de l'environnement et la performance économique et d'améliorer sa capacité d'analyse des questions connexes.

Pour effectuer cette recherche, il semblait logique de partir de renseignements connus et de les utiliser pour étudier des domaines inconnus. Un projet mentionnait que l'identification de liens particuliers «connus» entre la qualité de l'environnement et la performance économique pourrait fournir une rampe de lancement pour les recherches futures. La stratégie de recherche prévoyait également l'étude de deux bases de données échantillons dans le but de vérifier l'efficacité de tout cadre analytique envisagé pour identifier les données et les renseignements pertinents.

Même si la stratégie semblait très logique, une première étude des principaux documents théoriques (surtout économico-environnementaux) publiés au cours des quinze dernières années révéla que l'approche pourrait s'avérer trop simpliste. Les relations entre l'économie et l'environnement ne sont pas simples et elles ne sont ni directes, ni constantes. Les liens qui existent entre les activités économiques et l'environnement ne sont pas des relations prévisibles de cause à effet. Ils impliquent des interactions qui découlent de l'influence combinée d'un ensemble de facteurs. Il en résulte des incidences uniques sur l'environnement, sur un écosystème donné, sur un système économique particulier ou sur une partie d'un système. Pour calculer les incidences économico-environnementales, on ne peut utiliser aucune valeur ou aucun coefficient de relation constant et quantifiable, de façon universelle ou selon une formule simple. Les liens et les interactions qui s'établissent ne ressemblent pas à des réactions chimiques dont les résultats sont prévisibles et quantifiables. Au contraire, les liens et les interrelations entre les systèmes environnementaux et économiques sont subtiles et variables à souhait. Le chapitre 1 résume certaines causes de cette variabilité.

Cette constatation a conduit l'équipe de travail à revoir et à redéfinir sa stratégie de recherche initiale. L'examen de la documentation a révélé qu'en dépit des éléments complexes qui entrent en ligne de compte, des progrès considérables avaient été réalisés pour mettre au point des modèles analytiques destinés à évaluer les incidences économico-environnementales des diverses politiques et mesures. L'équipe a donc conclu qu'une étude des techniques analytiques et des théories connexes pourrait fournir les éléments fondamentaux nécessaires pour élaborer une approche applicable aux recherches futures portant sur ces questions.

Nous avons donc révisé la stratégie de recherche afin d'y incorporer les éléments suivants :

— examiner la théorie et les principes économico-environnementaux qui se rapportent à ces questions — se reporter au chapitre 2;

— examiner les approches analytiques et les méthodologies mises au point pour analyser les liens entre l'environnement et l'économie et leurs incidences — se reporter à l'annexe 1;

— préciser une approche conceptuelle afin d'étudier les questions économico-environnementales — c'est-à-dire une approche qui permettrait d'aider à identifier les composantes, les données et renseignements et la séquence des étapes nécessaires pour évaluer les questions et les problèmes individuels — se reporter au chapitre 3;

— se servir de l'approche ainsi élaborée pour effectuer une recherche préliminaire dans plusieurs bases de données afin d'évaluer la disponibilité des données et des renseignements nécessaires (la recherche impliquerait de donner plusieurs exemples de problèmes économico-environnementaux actuellement importants pour le Canada) — se reporter au chapitre 4 et à l'annexe 2; et

— rédiger un résumé des orientations recommandées pour la recherche future nécessaire en vue de faire progresser cette approche conceptuelle et atteindre l'étape opérationnelle de la résolution du problème — se reporter au chapitre 5.

En raison des délais très courts accordés pour effectuer cette recherche (un mois), l'équipe a dû se fier aux renseignements, monographies, ouvrages, etc. publiés et disponibles. Au cours des recherches effectuées dans les bibliothèques et les bases de données, l'équipe a trouvé des études de recherche et des documents très récents (quelquefois sur le point de paraître). L'équipe de travail est tout à fait consciente du fait qu'il faudra encore étudier un tas de renseignements au cours des recherches ultérieures. Vous trouverez une liste partielle de ces ouvrages dans la bibliographie. Il a été en particulier très difficile d'obtenir les travaux réalisés par les chercheurs canadiens sur les modèles économico-environnementaux. Il est tout à fait possible que notre étude ne cite pas des travaux de recherche pertinents achevés, inédits ou en cours. Il nous a été impossible de confirmer l'existence de ces ouvrages dans les délais très courts impartis et les recherches futures devront explorer ce sujet.

LES INTERDÉPENDANCES DANS LA SOCIÉTÉ MODERNE

Avant l'avènement des temps modernes, les préoccupations des particuliers et des sociétés à propos des liens entre l'environnement et l'économie étaient surtout centrées sur l'incidence des changements environnementaux sur la race humaine, par exemple le climat, les inondations, les sources alimentaires, etc., et non sur les répercussions des activités humaines sur l'environnement. Dans le monde moderne, technologique et très peuplé, les activités humaines ont des répercussions importantes sur la qualité de l'environnement par le biais notamment de la pollution de l'air et de l'eau, du déboisement et de la désertification. Réciproquement, les changements environnementaux ont des répercussions sur les activités économiques.

Le rythme auquel nous tirons les matières premières et les services de l'environnement et le rythme auquel les produits consommés et les déchets produits sont rejetés dans l'environnement ont des implications importantes pour la croissance économique soutenue, le bien-être social et la viabilité à long terme de l'environnement dont dépend le processus économique.

Les flux des matières premières, des services et des déchets (substances résiduaires) constituent des liens entre les processus économiques et écologiques. Les taux de déversement des matières résiduaires et la capacité de réabsorption de l'environnement constituent des sujets qui sont au coeur de bien des préoccupations économico-environnementales cruciales. Bien que la théorie économique ne les explique pas toujours de façon convenable (se reporter au chapitre 2), on peut citer parmi les incidences économiques des changements intervenus dans la qualité de l'environnement, une diminution de l'emploi dans certaines industries (souvent les industries des «ressources renouvelables» comme la pêche, la sylviculture et l'agriculture), l'augmentation des frais de santé pour les humains et les animaux, des fluctuations des valeurs foncières, une diminution de la production alimentaire, une baisse de la rentabilité et de la productivité de certaines industries et une perte généralisée d'avantages récréatifs.

De tout temps, les environnementalistes se sont préoccupés des incidences écologiques à court et à long terme de l'augmentation et de l'accélération du rythme d'extraction des matières de l'environnement naturel et de déversement des déchets dans cet environnement. Les économistes ont eu tendance à se préoccuper de la façon dont les humains peuvent transformer au mieux les ressources renouvelables et non renouvelables en biens et services pour les populations de plus en plus riches. La société occidentale moderne cherche à promouvoir et à satisfaire les désirs matériels grâce à une croissance économique continue. À cet égard, on s'est très peu intéressé jusqu'ici aux liens entre l'activité économique et la qualité de l'environnement.

Au cours des dernières décennies, certains indices inquiétants ont révélé que les sociétés industrielles modernes et peut-être même le monde entier pourraient connaître des changements irréversibles quant au bien-être de l'humanité par suite de la dégradation de l'environnement, avant que les indices ou les mesures économiques fondés sur le marché ne fassent état d'une situation de crise. La prise de conscience par le grand public, à la fois des graves répercussions sanitaires à court et à long terme, résultant de divers accidents et activités industriels, et de la famine due à l'effondrement des économies agricoles, notamment en Afrique, a aggravé ces craintes.

Les Canadiens prennent de plus en plus conscience des conséquences possibles du dépassement de seuils environnementaux irréversibles et la question fait actuellement l'objet d'un débat public. Le grand public commence à se rendre compte de la dégradation de l'environnement naturel (perte d'animaux et de plantes, incidences économiques comme une moins bonne santé des travailleurs et un cycle de vie plus court des biens physiques en raison de la corrosion, et perte du potentiel agricole et forestier) au sens qualitatif, sinon quantitatif.

Le grand public et les dirigeants commencent à prendre conscience des implications possibles d'une dégradation continue de l'environnement. Ces implications ont été largement annoncées dans plusieurs études qui laissent entrevoir une baisse globale considérable des conditions économico-environnementales (Limits to Growth, Global 2000, etc.). Même si cette situation a provoqué un vaste débat, on remarque très peu d'indices d'efforts sérieux visant à remédier aux problèmes évidents, par exemple la diminution des stocks halieutiques, la baisse des réserves forestières, la détérioration de la qualité des sols, la baisse de la qualité de l'eau et les pluies acides.

Pourquoi est-il donc si difficile d'en arriver à un consensus et de se mettre d'accord sur les politiques et les mesures concernant ces questions? La difficulté provient d'un certain nombre de considérations, notamment de la perspective économique adoptée et du système des valeurs éthiques et morales que l'on accepte (se reporter au chapitre 2). Elle provient également du taux inégal de développement économique et de la répartition des ressources naturelles à l'intérieur des pays et dans le monde entier.

Les inégalités au niveau de la possession des ressources, des connaissances techniques et éducatives et de la puissance politique et sociale s'associent à la répartition actuelle de la richesse pour entraver le changement (surtout le changement fondamental) dans l'organisation ou l'orientation de l'économie. Ces changements désignent habituellement des gagnants et des perdants sur le plan économique. Dans une société démocratique, la redistribution des avantages économiques et des coûts peut donc s'effectuer lentement parce que divers groupes d'intérêt s'opposent au changement.

Le problème se complique encore car les incidences environnementales et économiques varient en taille et en intensité aux niveaux micro-géographique (local et écozone) et macro-géographique (régional, provincial et national). En outre, à divers niveaux d'agrégation, bon nombre des mêmes individus, entreprises, collectivités et composantes de l'environnement subissent des interactions et engendrent des conséquences économiques différentes. Cette situation est due à l'incidence synergique de l'interaction entre un grand nombre de facteurs environnementaux et de processus économiques.

Par exemple, certaines méthodes d'exploitation forestière peuvent avoir une incidence directe sur l'environnement proche en modifiant l'écoulement en surface et en augmentant l'érosion des sols dans les zones de coupe à blanc. Ces pratiques peuvent également avoir d'autres incidences, notamment :

— une diminution de la capacité des sols à regénérer les peuplements de bois d'oeuvre commercialisable; et

— des incidences indirectes sur d'autres activités commerciales locales, comme la pêche par suite d'une augmentation des taux d'envasement et de dépôt des débris de l'exploitation forestière dans les frayères des rivières et des ruisseaux locaux.

Tout en étant peut-être optimales du point de vue des aspects économiques de l'industrie forestière, les incidences économiques de ces méthodes d'exploitation forestière peuvent provoquer une diminution considérable du revenu des activités locales de pêche et une baisse de l'emploi dans les secteurs de transformation du poisson et dans les industries de services connexes.

L'interaction entre l'activité économique et les divers écosystèmes du milieu peut avoir des conséquences assez différentes au niveau régional ou national. La relation différera à chaque niveau entre les acteurs économiques (c.-à-d. les entreprises, les employés, les résidents, les visiteurs, les touristes et les gouvernements). Au niveau local, ce sont les particuliers et les groupes résidents qui ressentiront les incidences de façon directe et personnelle. D'ailleurs, ces incidences sont souvent immédiates et à court terme. Cependant, ces mêmes particuliers et groupes pourront ressentir l'incidence économique des changements environnementaux de façon tout à fait différente à titre de résidents d'une région ou de citoyens d'un pays.

Par exemple, une diminution de l'activité forestière provoquée par l'épuisement des ressources forestières peut provoquer une baisse des redevances perçues par le gouvernement provincial. Cette diminution des recettes peut provoquer des répercussions économiques indirectes, notamment une réduction des dépenses pour les transports publics, la santé publique, l'éducation ou d'autres services gouvernementaux. Au niveau national, on pourrait assister à une diminution des exportations (par ex. des produits forestiers et halieutiques) qui peut influer sur la balance commerciale du pays, le déficit national et les taux de change avec les autres partenaires commerciaux. En fin de compte, ces répercussions sur l'économie nationale ont des incidences locales, notamment des modifications du pouvoir d'achat (de consommation) des entreprises de pêche et d'exploitation forestière (dans notre exemple) et de leurs employés.

Ces mesures et interactions économico-environnementales aux niveaux local, national et international entraînent parfois des situations contradictoires. Par exemple, les particuliers (bûcherons, pêcheurs ou autres), les entreprises (sociétés forestières ou de pêche) ou les gouvernements (percepteurs de redevances) constatent que l'utilisation abusive d'une ressource ou un changement environnemental préjudiciable présente des avantages, tout au moins à court terme.

La maximalisation des bénéfices, des redevances et de l'emploi figure parmi les objectifs des particuliers, des entreprises et des gouvernements. Dans certains cas, ces objectifs peuvent aboutir à une augmentation des activités d'exploitation forestière ou des quotas de pêche, même devant des rendements soutenus en baisse. Si les conditions économiques sont mauvaises et si les conditions qui règnent sur le marché international donnent aux industries canadiennes de la pêche et de l'exploitation forestière un avantage comparatif sur d'autres producteurs, il peut sembler rationnel, dans l'esprit du décisionnaire, d'accorder une plus grande priorité aux «objectifs économiques» et de traiter les «compromis environnementaux» comme s'ils étaient sans rapport avec l'activité économique future ou comme si la mesure prise ne devait pas avoir de conséquence à l'avenir.

Si l'on suit les répercussions d'exemples comme l'exploitation forestière susmentionnée, il est évident que les systèmes économiques et environnementaux subissent des interactions aux niveaux local, régional, national et international par le biais de relations complexes en leur sein, entre eux et avec les membres de la société. Les recherches effectuées et l'expérience acquise dans les pays industrialisés et moins développés ont démontré qu'il ne faudrait pas considérer l'environnement d'un lieu, d'une région ou d'un pays particulier comme un élément distinct des écosystèmes globaux ou à l'abri des incidences découlant des mesures prises ailleurs. On dispose maintenant de preuves accablantes indiquant que les économies mondiales ont un certain degré d'interdépendance et d'interaction. Tout cela signifie que les changements qui interviennent dans le bien-être environnemental influent inévitablement à la fois sur notre bien-être économique personnel et sur celui d'autrui.

La figure 1 illustre de façon conceptuelle l'interdépendance qui peut exister entre deux systèmes économico-environnementaux. Cette possibilité existe aux niveaux local, régional, national et international. Dans la réalité, il est évident que certaines interrelations impliqueront non seulement deux systèmes, mais de nombreux ensembles de systèmes et de sous-systèmes.

Les sous-blocs A et B représentent la balance des matériaux et matières pour chaque région prise séparément. Les flèches tracées entre A et B font état de l'interdépendance mutuelle de A et B. Cette présence d'externalités (liens sans rapport avec le marché) est à la base de la majorité des problèmes environnementaux interrégionaux et internationaux. La qualité de l'environnement d'une partie d'un pays ou du monde est influencée par les systèmes de production d'autres régions ou pays, même si les régions ou pays provoquant les répercussions ne sont habituellement ni responsables ni tenus de payer pour la diminution de la qualité de l'environnement constatée ailleurs.

Dans cet ensemble d'interactions, il n'existe aucun système de marché pour délimiter les dommages mutuels. L'interdépendance du système laisse entrevoir la possibilité de frictions et de conflits nombreux entre les régions au sein du système[1]. Des intérêts très différents peuvent exister à la fois à l'intérieur des régions ou des pays et entre eux. Ces intérêts entravent l'obtention d'un développement économique équilibré ou d'un consensus sur les politiques économico-environnementales.

Les interdépendances du présent modèle impliquent que les zones, les régions et les pays du monde sont interdépendants. La base de matières premières, la croissance de la production et la qualité de l'environnement de chaque zone et région sont déterminées conjointement par des situations nées dans d'autres régions. Pour clarifier la chose, les exigences économiques et les méthodes de production d'une région peuvent accroître les tensions environnementales dans une autre région, directement par l'intermédiaire de répercussions en aval ou sous le vent ou indirectement en stimulant la création de substances résiduaires dans une région pour répondre aux exigences de production d'une autre.

Il ressort de tout cela que la qualité de l'environnement d'une région du Canada peut être influencée par les exigences de production d'autres régions. Par exemple, certaines activités polluantes du secteur manufacturier de l'Ontario découlent de la demande de produits de consommation dans d'autres régions du pays. Par la même occasion, les demandes de matières premières du secteur manufacturier dans le centre du Canada provoquent des incidences environnementales dans des régions très éloignées de l'Ontario.

L'incidence spatiale est particulièrement pertinente pour l'économie canadienne. Étant donné qu'elle met l'accent sur les ressources naturelles et les industries primaires, chaque demande de biens et services canadiens présentée par des pays étrangers aura des incidences environnementales dans une région du Canada. On peut citer comme exemple la demande japonaise de charbon cokéfiable et les répercussions environnementales découlant de l'exploitation des mines de charbon et des déversements de déchets en Colombie-Britannique.

Il est donc crucial de réaliser que les interconnexions de la qualité de l'environnement et des activités économiques impliquent des liens à la fois interrégionaux et internationaux, surtout dans le cas de très vastes économies basées sur les ressources naturelles comme c'est le cas du Canada. Cependant, la complexité des liens et des interrelations entre l'environnement et l'activité économique ne devrait pas nous décourager et nous empêcher de les aborder. Les gouvernements, l'industrie et les responsables communautaires doivent formuler des politiques et prendre des mesures destinées à orienter notre comportement collectif afin de garantir le bien-être général de la société canadienne.

[1] La question des frictions entre les régions et les zones et les moyens de les résoudre sont abordés dans la documentation portant sur l'analyse des objectifs et des critères multiples, la prise de décisions au niveau régional et les techniques de négociation (voir Dorcey A.H.J., 1984).

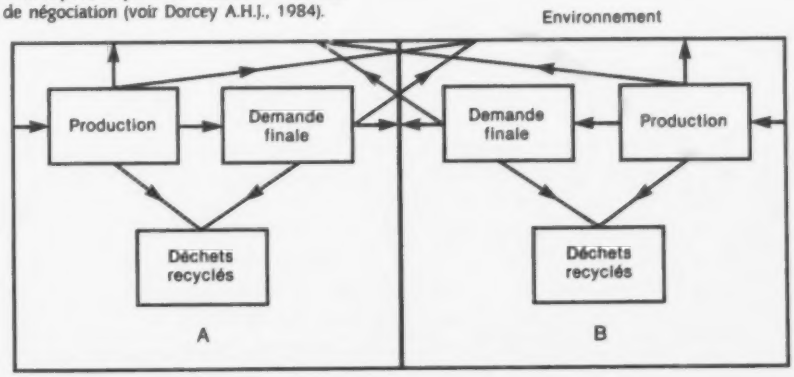


FIGURE 1
Modèle conceptuel de la balance des matériaux et matières pour deux économies interreliées

Lorsque l'on aborde des problèmes relatifs aux liens et des répercussions interreliées, il importe que le planificateur, le conseiller ou le responsable des politiques comprenne bien la nature des systèmes dynamiques en jeu. Une analyse, une mesure ou un calcul unidimensionnel d'un seul facteur ou d'un seul ensemble de facteurs, à un moment donné, ne pourra pas constituer une base fiable pour formuler une politique ou prendre une mesure, notamment pour les raisons suivantes :

— les systèmes économico-environnementaux sont dynamiques et entraînent des changements avec le temps;

— les variables des systèmes économico-environnementaux se combinent et provoquent des interactions synergiques;

— les incidences de l'activité économique sur la qualité de l'environnement varient dans l'espace et dans le temps, c'est-à-dire que des événements semblables produisent des incidences environnementales et économiques différentes selon la région géographique ou le moment.

— il n'est pas facile de séparer les incidences et les conséquences environnementales des activités économiques en ensembles distincts à l'échelle locale, régionale, nationale et internationale. Une activité ou manifestation économique lointaine peut provoquer des répercussions économiques et environnementales à divers niveaux ailleurs. Par exemple, l'augmentation de la demande d'aluminium aux États-Unis aura des répercussions économiques et environnementales à la fois en Jamaïque (extraction de la bauxite) et au Canada (projets d'aménagements hydroélectriques et construction portuaire).

Bien que les profanes puissent éprouver des difficultés à comprendre toutes les nuances de la théorie et des principes économiques, il importe à notre avis que toutes les parties intéressées aient une connaissance fondamentale de la nature des questions étudiées et des implications des divers choix au niveau des politiques. Comme nous l'avons déjà mentionné, il n'existe pas de lignes directrices simples et aucune unanimité ne ressort sur le plan théorique. Il est donc doublement important que les responsables des politiques soient conscients des répercussions qui peuvent découler de mesures ou de politiques données.

Pour y parvenir, il faut comprendre à la fois les techniques et les méthodologies disponibles pour analyser les problèmes, ainsi que leurs limites. Les liens entre le système économique et l'environnement sont complexes et interreliés. Si l'on simplifie (ou pire, si l'on ignore) cette complexité et si l'on poursuit sur une base non empirique et non documentée, on risque de ne pas comprendre la dynamique qui agit à l'intérieur des systèmes. En tirant des conclusions fondées sur une analyse partielle des relations, on peut finir par recommander des politiques ou des mesures qui auront une incidence négative et non positive sur le bien-être économique et sur le bien-être environnemental.

Le prochain chapitre décrit et résume certaines des théories avancées, ainsi que les questions philosophiques soulevées par les analystes lors de l'étude des relations entre l'environnement et l'économie.

LA THÉORIE ÉCONOMIQUE ET LA MESURE DES RELATIONS ÉCONOMICO-ENVIRONNEMENTALES

Introduction

On peut se rendre compte très rapidement que toute la question des relations et des interactions entre l'économie et l'environnement ainsi que leurs conséquences dépendra du point de vue adopté au départ. Toute analyse du sujet ou tout examen des approches visant à déterminer les orientations des politiques ou les plans d'action appropriés doit donc identifier le paradigme ou l'ensemble des croyances sur lequel repose l'analyse.

Depuis les débuts de la révolution industrielle, on a assisté à la naissance de plusieurs points de vue théoriques différents sur la nature de l'économie moderne, son rôle dans la société et sa relation avec l'environnement naturel. Chacun de ces points de vue illustre les conséquences de l'adoption de paradigmes différents à propos de l'objectif moral, éthique et matériel de la société. Le présent chapitre passe en revue trois de ces approches théoriques afin de mettre en lumière les questions qu'il faut aborder lorsque l'on envisage les interactions entre l'environnement et l'économie : la théorie économique néo-classique, la théorie économique thermodynamique et la théorie économique évolutionniste. Une brève présentation des paradigmes précède cette étude pour souligner l'importance de bien comprendre les points de vue ou les systèmes de valeur sur lesquels sont fondées diverses théories économiques.

Paradigmes

Notre perspective de l'économie politique (c.-à-d. de l'organisation des activités économiques de la société) dépendra dans une large mesure du paradigme qui guide nos pas. Un paradigme est l'ensemble des points de vue, des idées préconçues ou des lignes de pensée qui nous donnent notre vision du monde. Les paradigmes constituent les perspectives inconscientes et partagées tacitement qui sont nécessaires pour faire des expériences et pour emmagasiner des connaissances partagées.

À l'occasion, les chercheurs ont été obligés de réétudier, de modifier et de temps en temps d'abandonner des paradigmes sur lesquels était basé tout un ensemble de pensées scientifiques. Voici trois exemples de paradigmes abandonnés : l'Homme a été créé comme un être entier, sans aucun rapport avec le reste de la nature; la Terre est plate; et la Terre est le centre de l'univers. Chacun de ces paradigmes a servi à expliquer la réalité à la société pendant un certain temps. En fin de compte, on a pris connaissance de certains faits impossibles à rapprocher de l'ancien paradigme et on a adopté une nouvelle perspective correspondant mieux à la réalité. On peut attribuer à l'adoption de nouveaux paradigmes la plus grande partie de l'évolution et des progrès rapides de la société au cours des trois derniers siècles, après des millénaires d'évolution sociale plutôt lente.

L'introduction d'un nouveau paradigme constitue souvent une révolution car les défenseurs de ces nouvelles idées doivent abandonner et parfois même tourner le dos à leur collectivité intellectuelle et à un grand nombre de droits acquis et bien ancrés. Un exemple pertinent a été l'introduction du concept selon lequel aucun homme ne devrait être l'esclave d'un autre. En fin de compte, l'adoption de ce concept a provoqué la guerre civile américaine et a abouti à l'abolition de l'esclavage.

Lorsqu'un nouveau paradigme n'a aucun lien avec le paradigme précédent, il est souvent difficile pour les défenseurs des deux d'établir des rapports entre eux. Cette difficulté provient de la perception totalement différente de certaines des questions les plus fondamentales concernant le but et la signification ultime d'une action ou d'une condition. Par exemple, pour un chercheur familier avec les micro-organismes, les bactéries et les virus, les conditions qui entraînent la diphtérie ou la polio chez un enfant sont compréhensibles et évitables. Cependant, pour une personne qui n'est pas familière avec la médecine moderne, ces conditions peuvent être considérées comme des «causes naturelles». De même, les perceptions concernant la nature de l'organisation économique et la relation entre l'activité économique et l'homme et son environnement différeront selon notre point de vue.

Toutes les analyses des questions économiques supposent l'adoption d'un certain paradigme de façon implicite. Envisageons les questions suivantes : La croissance économique est-elle un processus «normal» permanent d'une économie saine ou bien un phénomène temporaire représentant une étape entre deux niveaux de non-croissance stable? Qu'est-ce qui satisfait les désirs d'un individu — est-ce simplement sa richesse ou son revenu? Devrions-nous concevoir le travail, la terre et le capital comme des sources de valeur séparées ou bien devrions-nous concevoir le travail seul comme l'unique source de valeur? Les ressources naturelles épuisables sont-elles des intrants «ordinaires» dans le processus de production ou bien constituent-elles une catégorie particulière d'intrants?

Il faut résoudre les questions de ce genre avant de pouvoir entamer une analyse car des processus analytiques identiques fondés sur des paradigmes différents aboutiront à des conclusions différentes. Cela signifie qu'il faut adopter un paradigme spécifique. Il convient de faire remarquer que l'incidence de paradigmes différents ne consiste pas simplement à dire: «il existe toujours plusieurs façons d'envisager une question». Habituellement, l'adoption d'un paradigme spécifique

comporte implicitement des éléments de croyance personnelle, de foi ou des valeurs auxquels des arguments logiques ne peuvent s'appliquer.

Au cours des deux derniers siècles, la pensée économique a connu un certain nombre de mutations des paradigmes qui se sont manifestées par la prédominance et le déclin de notions telles que le mercantilisme, le droit naturel, la théorie de la valeur-travail, la main invisible d'Adam Smith et la dialectique entre les classes avancée par Marx. Chaque paradigme donne une compréhension différente de la nature des activités économiques de l'homme et de la relation éthique ou morale appropriée entre l'homme et autrui et aussi son environnement.

La théorie économique néo-classique

L'école économique néo-classique est née des travaux de J.S. Mille, Adam Smith, Léon Walras, Alfred Marshall, J.M. Keynes, V. Pareto, Paul Samuelson et autres. Cette école de pensée a fait sa marque en mettant l'accent sur la satisfaction des besoins et des désirs des consommateurs individuels en suivant un processus dans lequel les préférences et les besoins de l'individu déterminent les choix effectués sur le marché. Globalement, on suppose que ces choix individuels aboutissent à la meilleure répartition possible des ressources et des matières dans l'économie. «L'équilibre du marché» idéal est obtenu lorsque les fonctions marginales (coût, utilité, recettes, etc.) sont égales et lorsqu'on ne peut plus améliorer le bien-être de tous les participants sans porter préjudice au bien-être d'un autre.

Dans «l'état d'équilibre», on suppose que les prix du marché représentent les valeurs relatives optimales reflétant les besoins, les désirs et les priorités du consommateur individuel et de l'ensemble de la société. Dans le système néo-classique, la concurrence fournit la motivation chez les producteurs (pour les bénéfices), les travailleurs (pour les salaires) et les actionnaires (pour les intérêts). On suppose qu'une telle concurrence garantit une répartition efficace des ressources physiques et humaines.

Il se produira automatiquement une substitution entre les intrants de matières premières, la main-d'oeuvre ou le capital lorsque les facteurs d'efficacité (par ex. les coûts marginaux de production ou la productivité de la main-d'oeuvre) le dicteront et lorsque les innovations technologiques le permettront.

À l'aide des taux d'escompte, on tient compte des questions concernant la répartition future des ressources ou les choix futurs. Ces taux servent à évaluer la «valeur actuelle» des biens ou services produits ou sacrifiés à l'avenir.

La théorie économique néo-classique suppose que l'on peut expliquer, prédire et mesurer, à l'aide d'un modèle d'équilibre général, le comportement des individus et de la société dans une économie. À l'aide d'algorithmes mathématiques généralisés, cette approche «explique» le comportement et le rôle joué par les consommateurs, les entreprises, les travailleurs, l'épargne, l'investissement et le capital. On suppose que chacun de ces facteurs opère sur des marchés en fonction de divers degrés de compétitivité (par ex. concurrence parfaite, oligopole ou monopole). Les acteurs économiques sont guidés par leurs préférences et leurs goûts, les coûts marginaux et les profits, l'utilité, les considérations futures (taux d'intérêt et d'escompte) et les prix relatifs des biens et services.

La théorie économique néo-classique et l'environnement

Au coeur de la théorie économique néo-classique, on retrouve le «consommateur souverain» qui étale ses préférences sur le marché selon le prix qu'il est prêt à payer. On considère que le marché fonctionne lorsque les préférences des consommateurs sont satisfaites et que c'est un échec dans le cas contraire. L'importance ou la valeur économique d'une action est fondée sur le niveau d'utilité qu'un individu ou l'ensemble d'une société tire de l'utilisation de ressources, de biens ou de services rares. L'objectif économique approprié des individus et de l'ensemble de la société est censé être la maximalisation de l'utilité (de la satisfaction).

Dans l'économie néo-classique, l'environnement n'est qu'un fournisseur d'intrants dans le processus de production des entreprises qui produisent divers biens et services. L'économie se compose d'un grand nombre d'entreprises du genre qui entrent en concurrence pour satisfaire les besoins matériels des consommateurs. En théorie, le système économique devrait tendre vers un état d'équilibre dans lequel la demande et l'offre, les besoins et les désirs, les recettes et les coûts marginaux, etc., sont égaux. L'équilibre surgira lorsque l'on aura suffisamment diminué l'utilité marginale de l'acquisition de biens et services supplémentaires et le bénéfice marginal de production de ces biens et services.

Toutefois, dans la pratique, les populations croissantes exigent de nouveaux emplois, de satisfaire davantage les consommateurs plus nombreux et la promotion d'une éthique de consommation qui encourage la consommation toujours croissante de produits de plus en plus insignifiants et non essentiels. Par conséquent, une population croissante entrave la réalisation de cet équilibre théorique. En fait, le modèle néo-classique est devenu synonyme de la nécessité de poursuivre la croissance de la population, de la production, de la consommation et de la production de déchets. La croissance est jugée nécessaire pour satisfaire les exigences matérielles des «consommateurs souverains».

L'expansion continue d'une économie ne peut en fin de compte que rencontrer des difficultés comme le manque d'espace pour sa population, l'épuisement de ses ressources naturelles finies, l'élimination des déchets et les pénuries d'énergie. L'économiste néo-classique est d'avis que ces

problèmes seront résolus sur le marché s'il attache une valeur ou un prix suffisant pour fournir une ressource donnée. Si le prix du marché est assez élevé, le stimulant pour trouver et fournir la ressource ou pour mettre au point des produits de remplacement grâce à l'innovation technologique sera suffisant pour satisfaire la demande.

Un problème important que présente la théorie néo-classique provient de son incapacité de tenir compte des répercussions de la diminution des approvisionnements en ressources finies non renouvelables sur l'économie, sauf en supposant que l'on trouvera des produits de remplacement ou que l'on découvrira indéfiniment de nouvelles sources. La seule réponse à ce problème que la théorie économique néo-classique peut offrir est la foi en la technologie.

Le problème des ressources collectives

On suppose que quelques biens, appelés ressources collectives (par ex. l'air et l'eau) n'ont pas de prix puisqu'il n'existe pas de marché. En conséquence, dans la théorie économique néo-classique, on ne tient pas compte explicitement de la contribution de ces ressources au bien-être de l'humanité. Puisqu'aucun droit de propriété n'est attaché à ces ressources et qu'il n'existe donc aucun moyen simple de leur attribuer des valeurs monétaires (prix), les producteurs peuvent les utiliser librement à un coût très faible ou nul. Étant donné que les producteurs peuvent atteindre leurs objectifs qui visent à maximiser leurs bénéfices en réduisant leurs coûts de production, la stratégie préférée consistera à maximiser l'utilisation des ressources «gratuites» ou peu coûteuses.

Pendant les activités d'extraction, d'exploitation, de transformation et de distribution, le système du marché répartit assez bien les matières et l'énergie. Malheureusement, la plupart des substances résiduaires qui restent après la consommation et la transformation sont dispersées dans l'environnement collectif. Les actifs collectifs, comme les mers, les régions sauvages et l'atmosphère, ne font pas l'objet d'échanges sur le marché. Ils subissent une dégradation progressive parce que l'industrie, les gouvernements et les particuliers s'en servent comme dépotoirs gratuits, même si ce comportement peut faire perdre d'autres utilisations de ces ressources comme la pêche, les loisirs ou l'agriculture.

Dans une économie de marché normale et concurrentielle, on peut donc s'attendre à une utilisation abusive des produits gratuits ou sans prix. L'utilisation abusive signifie que l'on assistera dans le temps à une baisse prévisible des ressources collectives (c.-à-d. une grande partie des actions du capital environnemental). On a fort bien décrit ces conditions en les appelant «la tragédie des biens collectifs».

Externalités

Dans le but d'aborder certains des aspects de la production et de la consommation n'ayant aucun rapport avec le marché, les défenseurs de la théorie économique néo-classique ont mis au point le concept des externalités. Elles représentent les répercussions des mesures prises par divers individus ou entreprises et qui ne sont pas justifiées dans les transactions commerciales. En règle générale, les incidences externes sont préoccupantes lorsque le bien-être d'une entreprise ou d'un particulier est affecté par les actes d'un autre sans qu'un dédommagement soit versé pour réparer les dommages. On peut citer comme exemple celui d'une entreprise qui déverse des déchets dans une rivière et d'une entreprise située en aval qui doit payer des frais de traitement de l'eau avant de pouvoir la réutiliser. Il existe tout un éventail de divers types d'externalités et on peut en trouver une description détaillée et une liste dans Nijkamp (1977).

De façon à inclure les externalités dans les modèles analytiques et à internaliser le coût de leurs incidences, les tenants de la théorie néo-classique ont conçu l'idée du «dédommagement». Cette idée est fondée sur l'hypothèse que les externalités environnementales (les changements de la qualité de l'environnement sans rapport avec le marché) bouleversent l'équilibre du système économique. La théorie sous-entend qu'une façon de ramener un système en équilibre consiste à verser à une partie lésée un dédommagement d'un montant nécessaire pour ramener cette partie à son bien-être économique initial. Bien que cette notion présente une certaine «élégance théorique», dans la pratique elle comporte des hypothèses très restrictives qui limitent son utilité pour ce qui est de résoudre les problèmes du système économico-environnemental (se reporter à Nijkamp, 1980).

Résumé des observations sur la théorie économique néo-classique vis-à-vis des relations économico–environnementales

Pour que la théorie économique puisse servir à analyser les relations et les liens économico-environnementaux, elle doit, en plus de décrire la dynamique du marché et les mécanismes de satisfaction des consommateurs, reconnaître et englober les processus permettant d'extraire les matières et l'énergie de l'environnement, de les transformer, de les consommer et en fin de compte de les retourner dans l'environnement sous forme de déchets résiduaires. L'une des raisons pour lesquelles la théorie néo-classique axée sur le marché rencontre des difficultés pour aborder les relations économico-environnementales provient du fait qu'elle n'évalue pas convenablement les flux des matériaux et matières et de l'énergie qui interviennent entre l'environnement et l'économie de marché, car elle met plutôt l'accent sur la valeur de la production tirée de l'utilité non physique ou de la satisfaction des consommateurs.

Le principe voulant que la maximalisation de l'utilité ou de la satisfaction des consommateurs confère un bien-être optimal à l'ensemble de la société a fait l'objet de critiques sévères. Les recherches effectuées par Scitovsky (1976) n'ont pas permis de conclure que le niveau de bien-être de l'humanité augmente proportionnellement à la quantité des produits vendus dans une économie. Il semblerait que

certaines économies industrialisées ont peut-être déjà atteint un «point de saturation» de la satisfaction. Ces économies subissent peut-être en réalité une baisse de la «qualité de vie» perçue par les citoyens individuels. Cette perception est renforcée lorsque la qualité physique de l'environnement semble également en baisse.

Selon Hirsch (1976), les limites de la croissance de la production dans les économies modernes ne sont pas fondées uniquement sur des contraintes physiques (ressources, population, etc.) mais résultent également de répercussions non liées au marché, comme la tension, la maladie prolongée et le mécontentement face aux conditions de travail. Nijkamp (1980) a conclu que le bien-être de la société humaine et de l'individu est une variable à plusieurs dimensions composée de plusieurs éléments comme le revenu, la qualité de l'environnement, la répartition du pouvoir politique et la qualité de vie au travail. Ce concept sous-entend que les mesures de l'utilité et des désirs de l'individu dans le système économico-environnemental n'ont été ni bien comprises ni convenablement incorporées dans la pensée économique néo-classique.

La théorie économique thermodynamique

La théorie économique thermodynamique relie les processus économiques, technologiques et écologiques. Alors que la théorie néo-classique dépeint le système économique comme un flux circulaire, en circuit fermé, de valeurs monétaires, les théories fondées sur les lois thermodynamiques considèrent qu'un tel flux circulaire n'existe pas pour les produits matériels et l'énergie. Ce point de vue sous-entend que les activités économiques sont liées à l'environnement et exercent des pressions sur lui, c'est-à-dire que le secteur des intrants impose des exigences à la base de ressources de l'économie et que le secteur des extrants introduit des substances résiduaires de l'économie dans l'environnement. La première situation aboutit en fin de compte à l'épuisement des ressources naturelles non renouvelables et la seconde à la pollution et à la dégradation de l'environnement.

Flux et balances des matériaux et matières et de l'énergie

Plusieurs auteurs, dont Ayres, Kneese et autres (1969), Freeman et autres (1973), Kneese (1977), Nijkamp (1970, 1980), Owen (1984), Senaca et autres (1974), Victor (1972), Bower (1979) et Lakshmanan et autres (1980), ont décrit et expliqué en détail les flux des matériaux et matières et de l'énergie et leur relation avec l'activité économique. Les figures 2 et 3 illustrent des modèles schématiques.

Le concept d'équilibre masse-énergie est fondé sur la première loi de la thermodynamique, appelée loi de la conservation de la matière, qui considère, en gros, qu'aucune matière n'est créée ou détruite pendant l'extraction, la production et la consommation en dépit des nombreux procédés de transformation. En dehors des transformations en énergie, il existe un équilibre physique entre les entrées et les sorties dans tous les processus de transformation d'un système donné.

De cette loi de la physique, on peut déduire que chaque accroissement des niveaux de production de biens matériels dans une économie aboutira à :

— un accroissement correspondant des besoins en intrants naturels et en énergie tirés de l'environnement; et

— une augmentation correspondante de la pression exercée par la quantité de déchets sur la capacité d'absorption de l'environnement.

L'économie de marché néo-classique considère que les ressources collectives sont gratuites et que la plupart des matières premières ont des valeurs unitaires relativement faibles. À mesure que les matières et l'énergie passent de l'environnement dans l'économie sous des formes de plus en plus transformées, la valeur économique tend à augmenter en permanence. Cette augmentation de la valeur se produit jusqu'à ce que les matières et les produits soient «épuisés» ou «usés» et ensuite renvoyés à l'environnement sous forme de substances résiduaires sans valeur.

Dans l'économie néo-classique, la valeur que le système attribue aux intrants, à mesure qu'ils sont transformés, est tirée de l'utilité que les produits obtenus ont aux yeux des consommateurs à un moment donné. Pour continuer à fournir de grandes quantités de produits très utilitaires qui apportent beaucoup de satisfaction, le processus économique doit élargir en permanence le flux des matières premières qui entrent dans le processus de transformation.

Il est clair qu'une économie de marché néo-classique exigera vraisemblablement une croissance permanente pour parvenir à satisfaire la demande toujours grandissante des consommateurs. Pour atteindre cet objectif, il faut augmenter la pression exercée sur l'environnement en vue d'absorber les déchets résiduaires. On peut également remarquer que la nature indestructible de la matière constitue un obstacle important au désir apparemment insatiable de l'homme de transformer l'environnement naturel en produits consommables.

Le problème de l'élimination des déchets produits est en lui-même très important. Toutefois, il ne constitue peut-être pas le frein le plus grave à la croissance auquel les économies industrielles modernes font face. La seconde loi de la thermodynamique (la loi de l'entropie) pourrait même être encore plus cruciale.

L'entropie et le processus économique

La description classique de l'activité économique comme étant un processus circulaire que l'on peut considérer comme un système mécanique autosuffisant présente des carences graves.

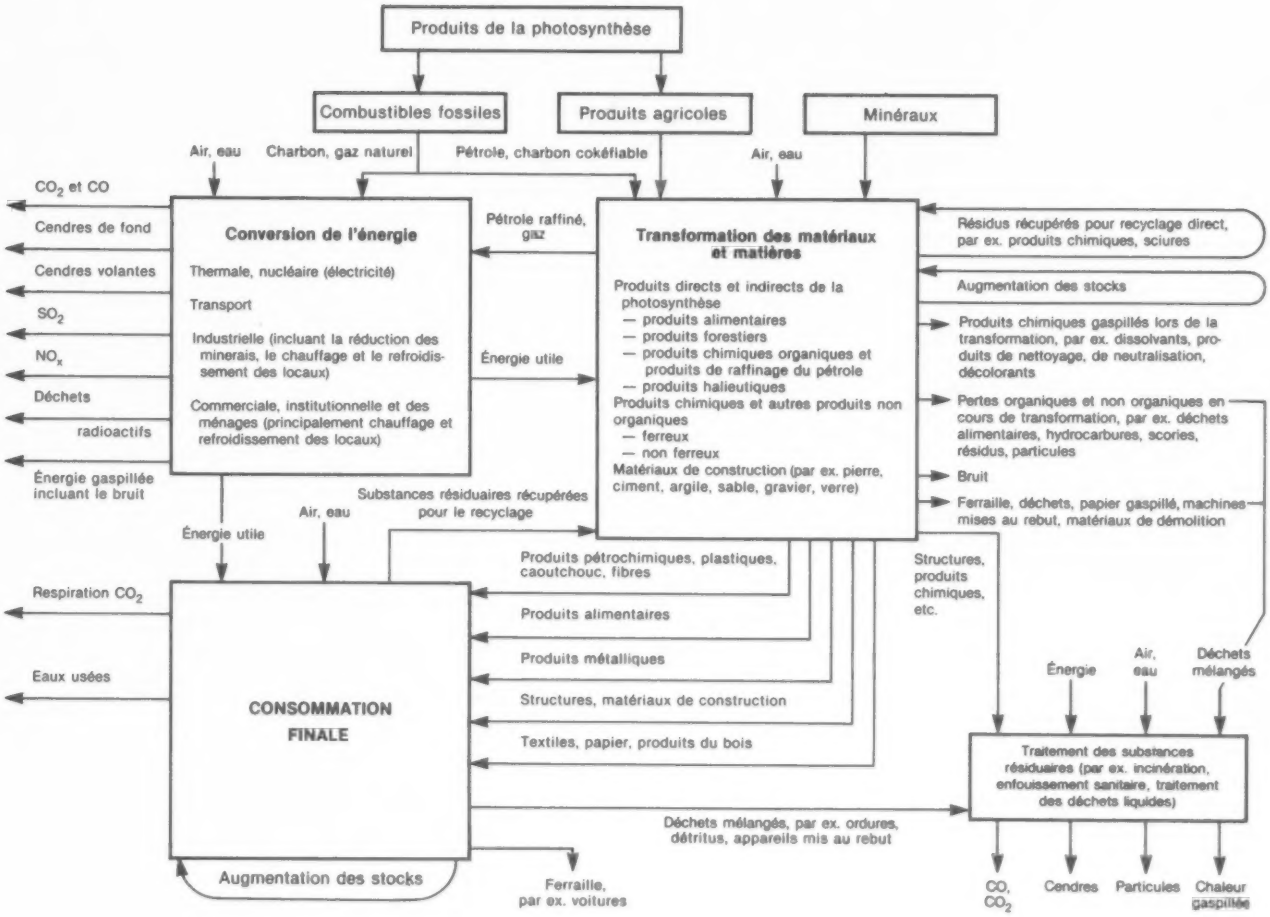


FIGURE 2

Flux des matériaux et matières et de l'énergie dans la société

Tableau modifié tiré de Resources for the Future, Rapport annuel 1969, Washington (D.C.), R.F.F., p. 26.

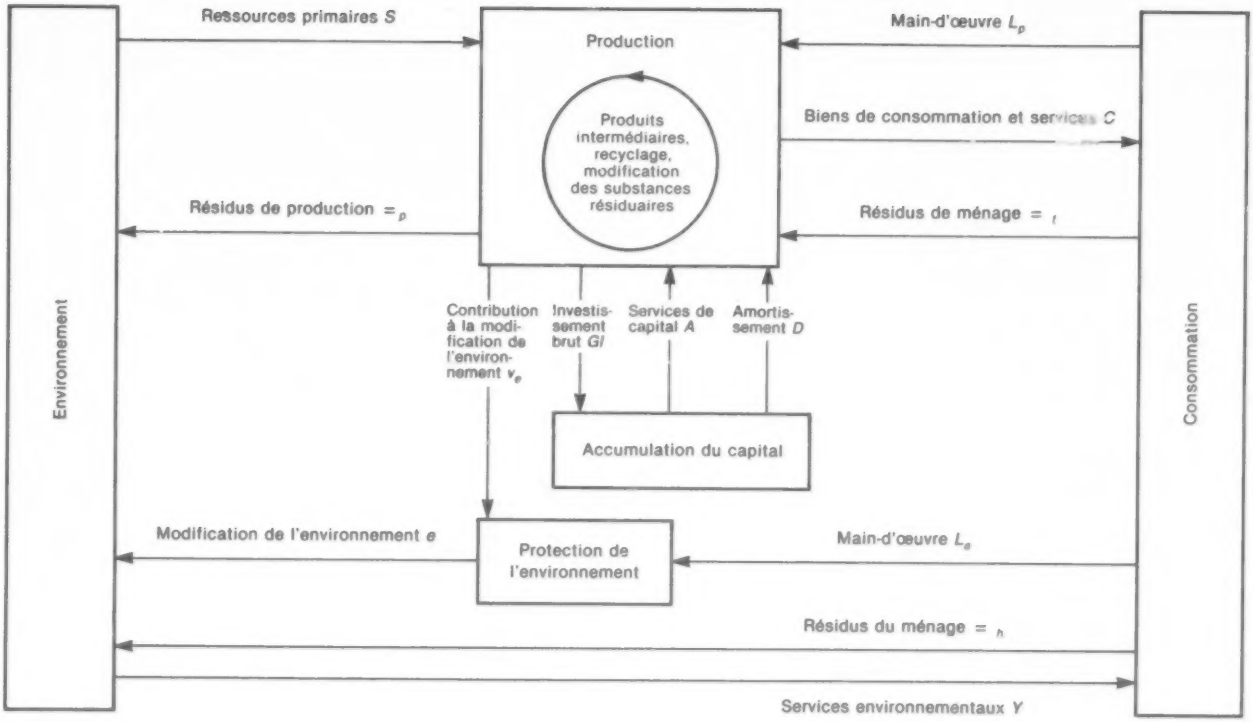


FIGURE 3
Modèle des flux de matériaux et matières
(Tiré de Kneese et Bower, 1979)

Elle semble nier que les processus économiques ont un lien direct avec l'environnement physique naturel et dépendent de lui.

La première loi de la thermodynamique stipule que l'on ne peut ni créer ni détruire la matière ou l'énergie. Si tel est le cas, que fait alors le processus économique? Sur un plan physique, le processus économique absorbe la matière-énergie et la rejette en permanence. Certains économistes, comme Nicholas Georgescu-Roegen, diraient que ce qui pénètre dans le processus économique représente des ressources naturelles de grande valeur et que ce qui est rejeté représente des déchets inutiles. Sur le plan des lois de la thermodynamique, la matière-énergie pénètre dans le processus économique sous une forme à «basse entropie» et en ressort sous une forme à «haute entropie».

La loi de l'entropie sous-entend l'existence de la matière et de l'énergie sous deux formes. La première est une matière-énergie organisée, structurée et ordonnée que l'on peut utiliser ou transformer en travail ou en énergie. Cette matière est appelée l'énergie libre ou disponible. Avant de brûler, un morceau de charbon contient de l'énergie disponible et on dit qu'il se trouve dans un état à «basse entropie». Toutefois, lorsque le morceau de charbon est brûlé, il est transformé en une forme désorganisée et désordonnée (chaleur dissipée et cendres) qui ne comporte aucune énergie disponible et on dit qu'il est dans un état à «haute entropie». L'homme ne peut plus transformer cette matière en travail ou en énergie. À mesure que la matière-énergie passe d'une forme à basse entropie à une forme à haute entropie, sa valeur d'utilisation par l'homme est réduite ou éliminée.

Toute la matière-énergie subit un processus pour passer d'une forme à basse entropie à une forme à haute entropie. Les processus économiques ne créent pas ce mouvement. Il survient inexorablement dans la nature et l'homme ne fait qu'accélérer le rythme du processus entropique. Dans un système fermé, ce processus est irréversible. Seule l'introduction d'une énergie supplémentaire à faible entropie provenant de l'extérieur d'un système fermé, comme l'énergie du soleil, permettra d'inverser le processus entropique. Les ressources renouvelables (vie végétale et autres formes de vie organique) sont capables d'atteindre et de conserver un état constant d'entropie en captant et en convertissant l'énergie à basse entropie du soleil. Même pour atteindre un état constant, un organisme doit cependant consommer une certaine énergie à basse entropie provenant du sol ou d'une autre source.

Selon certains théoriciens, le processus entropique a une importance capitale pour l'avenir de l'homme. La différence entre les ressources naturelles non renouvelables et les ressources organiques renouvelables réside dans l'aptitude des dernières à se renouveler en captant l'énergie à basse entropie du soleil. Étant donné que ces ressources organiques transforment la basse entropie «libre» du soleil, leur réserve est fiable et à plus long terme que la réserve finie des ressources minérales et des combustibles fossiles à basse entropie.

Les lois de l'entropie ont des implications à grande portée. Étant donné que le combat économique de l'homme se concentre sur l'utilisation de la matière environnementale à basse entropie, la réserve de cette matière à basse entropie est cruciale pour l'avenir de la société moderne. La réserve d'énergie libre de la Terre se trouve dans des dépôts minéraux concentrés, le flux de l'énergie libre provient de l'univers sous la forme de radiations, principalement du soleil.

«Alors que les économistes aiment dire que l'on ne peut obtenir quelque chose pour rien, la loi de l'entropie nous enseigne que les lois physiques sont beaucoup plus dures. Sur le plan de l'entropie, le coût de toute entreprise biologique ou économique est toujours plus élevé que celui du produit. Toute activité de ce genre aboutit nécessairement à un déficit» (Georgescu-Roegen, 1971).

Au cours des deux derniers siècles, la croissance extraordinaire de l'économie industrielle a été alimentée par des ressources non renouvelables à basse entropie (minéraux et combustibles fossiles). Cette croissance a été réalisée d'un côté en mettant au point les techniques nécessaires pour exploiter ces ressources non renouvelables et de l'autre en appliquant des méthodes mécanisées à forte intensité de capital à l'exploitation de nos ressources renouvelables. Notre dépendance de la réserve finie des ressources non renouvelables (surtout des combustibles fossiles) s'est donc accrue considérablement. En même temps, nos ressources renouvelables se sont détériorées en dépit de leur capacité de capter le flux d'énergie presque illimité du soleil.

Notre degré de préoccupation à propos de la nature entropique et de l'activité économique dépend de la réserve de matières à basse entropie dont nous disposons, de l'échéance qui nous préoccupe et du rythme auquel l'innovation technologique modifiera selon nous le processus de transformation et évitera donc l'épuisement des ressources rares à basse entropie. Tout cela dépend également de notre préoccupation à l'égard de la qualité de vie des générations futures. Ce dernier sujet soulève des questions d'éthique et de morale que les théoriciens néo-classiques ont réussi à éviter mais que d'autres jugent inévitables.

Étant donné la réserve finie des ressources naturelles non renouvelables à basse entropie, le rythme de dégradation des ressources naturelles organiques, le taux global de croissance de la population, la demande d'intrants et de produits transformés plus nombreux qui en résulte et la production accrue de déchets, il existe des raisons d'être préoccupé car les réserves importantes de ressources terrestres à basse entropie dont disposent les humains ne suffiront peut-être pas à soutenir le développement économique moderne pendant des périodes prolongées, par exemple pendant un siècle. Pour maintenir le taux actuel d'activité économique, il faudra peut-être modifier certaines des variables comme la croissance démographique, le rythme de déversement des déchets dans l'eau et dans l'air et la production excessive de produits de consommation d'usage courant non essentiels.

De nombreux gouvernements de pays moins développés ont nettement constaté l'incidence négative d'une croissance démographique continue. Les pays industrialisés ont été plus lents à s'occuper de la croissance démographique globale. Les progrès technologiques réalisés dans les pays industrialisés ont créé l'impression que l'innovation pourra toujours «résoudre» le problème et permettra donc à la société d'éviter toutes les conséquences désagréables du processus entropique.

Pour résumer, la théorie thermodynamique stipule que les conséquences du développement économique impliquent l'utilisation d'une matière-énergie à basse entropie que l'on ne peut réutiliser pour en tirer d'autres avantages. L'utilisation de cette matière-énergie représente donc la perte d'une possibilité d'utilisation future. «Le développement économique par le biais de l'abondance industrielle peut constituer un avantage pour nous actuellement et pour ceux qui sont capables d'en profiter dans un avenir rapproché, mais il s'élève assûrément contre l'intérêt de l'espèce humaine dans son ensemble si elle veut avoir une espérance de vie aussi longue que sa réserve de ressources à basse entropie le permet» (Georgescu-Roegen, 1971).

Quelles sont les réponses qui conviennent aux choix présentés par les questions soulevées par les partisans de la théorie «thermodynamique»? L'homme devrait-il poursuivre des objectifs visant à satisfaire immédiatement ses besoins matériels et laisser l'avenir prendre soin de lui-même grâce à des «ajustements du marché» comme le laisse entendre la théorie économique néo-classique? Ou bien devrait-il éprouver une préoccupation biologique à l'égard du destin de toute l'espèce humaine et adopter un profil d'activité économique qui ménage les ressources à basse entropie pour un usage futur? La société industrielle dépend-elle de façon désespérée et irrévocable de ressources rares non renouvelables à basse entropie pour le soutien de la vie et est-elle en même temps irrévocablement intoxiquée par les produits de luxe industriels?

Les questions précédentes conduisent notre analyse à un ensemble plus vaste de questions de morale et d'éthique qui se trouvent peut-être au coeur de la matière pour ce qui est d'évaluer la nature et l'incidence des relations économico-environnementales. Alors que l'on préférerait certainement éviter de telles considérations, il pourrait s'avérer illusoire de penser que l'on peut aborder ces problèmes de façon mécaniste en supposant que les «forces du marché» les résoudront d'une façon quelconque.

En se concentrant sur le problème de l'entropie (1966, 1971, 1979, 1981), Georgescu-Roegen nous a peut-être surtout obligés à repenser et à reconsidérer le but et la nature de l'activité économique moderne. S'agit-il tout simplement d'un processus qui transforme des ressources naturelles de grande valeur en déchets de faible valeur ou bien s'agit-il d'un processus, comme il le laisse entendre, dont l'objectif n'est pas simplement un flux de déchets mais un flux immatériel : profiter de la vie?

Cette idée soulève des questions philosophiques à propos de l'organisation de l'activité économique : selon les possibilités technologiques et la production illimitée de biens matériels de consommation non essentiels — ou d'après un ensemble plus complexe d'objectifs, notamment l'intérêt des générations futures, la coexistence équilibrée de toutes les formes de vie et la satisfaction spirituelle et matérielle de la société.

Un certain nombre d'auteurs, notamment Adam Smith, J.S. Mill, T. Malthus, F. Soddy, K. Boulding, J.K. Galbraith, E.F. Schumacher, N. Georgescu-Roegen, H. Daly, J. Rifken et d'autres, ont soulevé ces questions au cours du siècle dernier. Bon nombre d'entre eux ont fait allusion dans une certaine mesure à la possibilité d'une économie stationnaire ou à l'état stable.

La thermodynamique et l'économie à l'état stable

C'est Herman Daly (1973, 1979) qui a défendu le plus énergiquement le concept de l'état stable de l'économie. Il s'agit d'une approche destinée à comprendre l'interaction de l'économie et de l'environnement qui est fondée sur les lois thermodynamiques de la conservation de la matière et de l'entropie. Elle englobe dans son paradigme l'idée que «la nature n'impose pas véritablement une rareté générale inéluctable à l'activité économique» (Daly 1979) et qu'il est très illusoire de croire autre chose.

Le concept de l'état stable va à l'encontre de la pensée néo-classique qui insiste sur le fait que les progrès technologiques de l'homme l'ont libéré de la dépendance vis-à-vis de l'environnement naturel et que, selon Robert Solow, «grâce à la productivité des ressources naturelles, qui augmente de façon plus ou moins exponentielle avec le temps, le monde peut en fait se débrouiller sans ressources naturelles» (Solow, 1974).

Au contraire, la théorie économique thermodynamique insiste sur le fait que «la vie tire la totalité de son énergie ou de son pouvoir physique non pas de quelque chose qui est contenu dans la matière vivante et encore moins d'un dieu externe, mais uniquement du monde inanimé. Pour toutes les nécessités de sa continuité physique, elle dépend principalement des principes du moteur à vapeur (thermodynamique). Les principes et l'éthique des convenances humaines ne doivent pas aller à l'encontre de ceux de la thermodynamique» (Soddy, 1922).

La théorie économique moderne définit l'économie comme étant l'étude de la répartition de moyens rares entre des fins concurrentes. Les auteurs et les théoriciens qui critiquent les préceptes et les paradigmes néo-classiques ont insisté sur le fait que nous devons réétudier et reconsidérer à la fois les fins et les moyens inhérents au processus économique.

Daly (1979) soutient que «l'attachement excessif des économistes néo-classiques pour la croissance résulte d'une vision incomplète du spectre global des fins et des moyens humains». La conception de ce spectre est illustrée à la figure 4.

Au sommet du spectre se trouve la «fin ultime», c'est-à-dire quelque chose qui est intrinsèquement bon et qui n'est pas tiré d'un bien supérieur. À la base du spectre se trouvent les «moyens ultimes» dont disposent les humains (matière-énergie à basse entropie). Chaque catégorie intermédiaire est une fin pour les catégories inférieures et un moyen pour les fins supérieures. Ces fins et moyens intermédiaires sont classés par ordre jusqu'à la fin ultime. Les disciplines d'étude traditionnelles ayant un rapport avec un éventail de ces fins et moyens sont énumérées à côté du spectre.

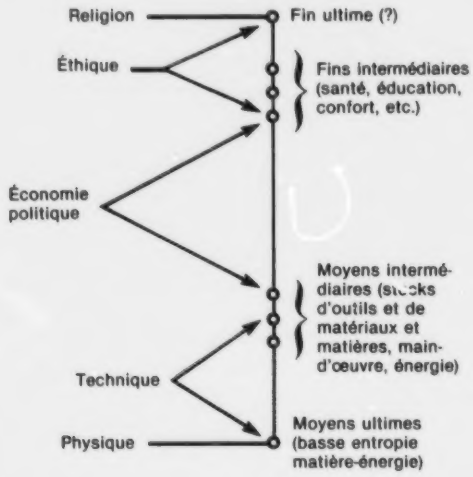


FIGURE 4
Spectre des fins et des moyens
(Tiré de Daly, 1979)

Selon cette vision, la pensée économique traditionnelle ne s'est concentrée que sur une partie du spectre. Les limites absolues sont absentes du paradigme de croissance de l'économiste car on ne rencontre les absolus qu'aux deux pôles du spectre. L'éthique et la technique n'existent qu'à la périphérie de la zone étudiée. En se concentrant uniquement sur les moyens intermédiaires pour atteindre les fins intermédiaires, «la vision de l'économiste est une croissance continue des moyens intermédiaires (non limités par une pénurie quelconque des moyens ultimes) dans le but de satisfaire des fins intermédiaires toujours plus nombreuses (non limitées par des conditions quelconques imposées par la fin ultime)» (Daly, 1979).

Daly soutient en outre que si l'on regarde les pôles du spectre, une nouvelle perspective surgit. À son avis, cette perspective entraîne deux questions importantes :

— *Quels sont précisément nos moyens ultimes et sont-ils limités d'une façon quelconque que la technologie ne peut surmonter?*

— *Quelle est la nature de la «fin ultime»? Existe-t-il un seuil au-delà duquel une nouvelle accumulation de moyens intermédiaires n'est non seulement d'aucune utilité pour la fin ultime, mais a une incidence négative au moment d'atteindre la fin ultime?*

Pour le partisan de la théorie thermodynamique, la réponse à la première question est «oui» comme nous l'avons déjà mentionné. Les lois de la conservation de la matière et les lois de l'entropie limitent les «moyens ultimes» à notre disposition. À mesure que la technologie accroît l'ordre dans une partie de l'univers, elle crée un désordre encore plus grand ailleurs. Si «ailleurs» signifie sur le Soleil, nous n'avons peut-être pas à nous inquiéter. Si c'est sur la Terre, nous devons alors faire très attention.

«Le flux de la capacité de production maintient ou accroît l'ordre (basse entropie) au sein de l'économie humaine, mais au risque de créer un désordre encore plus grand dans le reste du monde naturel par suite de l'épuisement des ressources et de la pollution» (Daly, 1979). Selon les écologistes et autres experts en sciences physiques, le désordre que l'on peut produire dans le reste de la biosphère comporte des limites si l'on veut lui permettre de fonctionner suffisamment bien pour qu'elle continue à supporter le sous-système humain.

Les fervents de la théorie thermodynamique ont laissé entendre que notre objectif devrait être une économie dans laquelle le développement technologique s'effectue en reconnaissant et en respectant les limites physiques fondamentales de toute la matière-énergie. Selon eux, cet objectif supposerait un système économique à état stable sans croissance.

La deuxième question en est une que les économistes modernes ont toujours évitée. L'éthique a été personnalisée et ramenée à un choix individuel et les questions de droit moral ou d'injustice morale ont été ignorées dans le modèle d'équilibre général de la théorie néo-classique moderne. Même si nous préférons peut-être ne pas y penser, la question «Quelle est la 'fin ultime' ou l'objectif de nos actions économiques?» demeure.

Cette question principale comporte des questions secondaires, notamment : Dans la déclaration de notre objectif économique, devrions-nous reconnaître explicitement que nous respectons le processus évolutionniste? ... pour le don de la vie intelligente? La survie de la biosphère et ses processus d'évolution devraient-ils constituer une priorité établie? Dans quelle mesure l'évolution devrait-elle être influencée par les humains et dans quelle mesure devrait-on la laisser se dérouler de façon spontanée? Les désirs et les besoins insignifiants actuels devraient-ils passer avant les besoins fondamentaux futurs?

En plus de cette ligne de pensée, il est inévitable de se poser des questions sur la nature de la satisfaction et de l'utilité matérielles qui constituent les pierres angulaires de la théorie

néo-classique. Dans le royaume matériel, existe-t-il un mot comme «assez», et le mot «assez» est-il meilleur que l'expression «plus qu'assez»? Quel est le but d'une croissance infinie si elle ne parvient même pas à satisfaire l'une des plus puissantes motivations des consommateurs individuels, à savoir le rang social ou le prestige dans la société?

«Lorsque la société a atteint un niveau de richesse tel qu'à la limite les désirs relatifs de prestige dominent, la croissance globale devient alors futile ou bien la source d'une inégalité croissante» (Daly, 1974). Selon cet argument, à un certain moment la croissance devient indésirable même si elle est encore possible.

La connaissance des lois des rendements marginaux décroissants, qui influent sur les profits et les coûts, ainsi que les preuves solides voulant que la rareté absolue des ressources naturelles soit réelle, devrait suffire à nous convaincre qu'il est temps de penser à la croissance comme à un moyen d'arriver à une fin et non comme à une fin en soi. «Le fait que l'on ne puisse organiser les perturbations des services environnementaux dues à la croissance afin qu'elles se déroulent par ordre croissant d'importance constitue un obstacle important au calcul économique et sous-entend que l'on peut préférer un objectif de «suffisance» plutôt que de maximalisation» (Daly, 1974).

Cette analyse a poussé Daly et d'autres vers le concept d'une économie stable qui essaierait consciemment de maintenir certains variables clés des flux et des réserves dans l'économie constantes ou dans un «état stable».

L'économie à l'état stable comporte quatre caractéristiques principales :

— *une population humaine constante (naissances = décès);*

— *une réserve constante de biens d'équipement et d'outils (la production remplace tout simplement les biens usés et amortis);*

— *le niveau de la population humaine et les stocks de biens d'équipement suffisent pour garantir une vie agréable pendant longtemps; et*

— *le rythme d'utilisation de la matière-énergie est maintenu aussi bas que possible.*

Dans l'économie à l'état stable, le comportement de l'individu et de la société est caractérisé par les éléments suivants : (1) *les stocks* sont «suffisants», c'est-à-dire que l'on en produit juste assez pour garantir une vie agréable et abondante; (2) *les services* obtenus des biens, des autres et de l'environnement sont maximisés; et (3) *la capacité* de production est minimisée étant donné la réserve constante(1). La théorie de l'état stable considère *la croissance* comme un accroissement des services reçus par suite d'augmentations de la réserve et de la capacité de production. Par ailleurs, *le développement* est défini comme des augmentations des ratios d'efficacité (services/stocks), les stocks demeurant constants.

L'économie évolutionniste — Une nouvelle synthèse

Depuis de nombreuses années, l'un des experts en sciences sociales les plus honorés et les plus distingués de notre siècle a, dans ses écrits, cherché à améliorer la compréhension des problèmes de l'économie politique et du bien-être social. Au cours de sa carrière, Kenneth Boulding a été un penseur économique non traditionnel qui a inspiré Georgescu-Roegen et Daly. Dans son récent ouvrage intitulé «Evolutionary Economics», Boulding a tissé les fils des sujets susmentionnés dans une structure plus large permettant de considérer l'économie et le processus économique comme des prolongements et des reflets du processus évolutionniste complexe qui domine le monde vivant.

«La vie économique est un sous-ensemble plutôt important de l'activité humaine globale dans l'histoire. Nous devrions donc nous attendre à ce qu'elle suive les principes généraux qui régissent l'évolution des humains et de la société humaine. Nous pouvons donc penser que les biens économiques font partie de l'écosystème général du monde. Tout bien qui compte un stock actuel a donc nettement une place quelconque, même temporaire. L'interaction écologique fournit ensuite un mécanisme de sélection» (Boulding). Les attitudes des humains à l'égard de ces biens auront une forte influence pour déterminer si un bien conservera sa place dans le système.

Par conséquent, tout comme l'évolution écologique, la mutation des biens économiques consiste à en inventer de nouveaux. Certains biens survivent s'ils trouvent une place et d'autres ne survivent pas. Dans le cas des biens économiques, l'interaction écologique est fortement négociée par le système des prix. Certaines caractéristiques de l'économie, comme les taux d'intérêt, le chômage, les marchés de la main-d'oeuvre et l'inflation, n'ont cependant pas de contreparties dans la biosphère.

Boulding est d'avis que la perspective évolutionniste peut contribuer énormément à expliquer les processus permanents de la vie économique et la nature de l'environnement politique et social.

«L'économie a reposé trop longtemps sur le paradigme essentiellement newtonien de l'équilibre mécanique et de la dynamique mécanique»[2]. Boulding est d'avis qu'une méthode évolutionniste a été suggérée en commençant par Adam Smith, Thomas Malthus et Alfred Marshall. Ce n'est que lorsque l'orientation mathématique de Walras et de ses successeurs a commencé à dominer la littérature économique que

[2] Boulding, K. E., Evolutionary Economics, (Californie, 1982), p. 17.

l'on a perdu la perception évolutionniste. En fait, c'est une pensée économique précoce qui a stimulé Darwin à propos de l'évolution humaine (Adam Smith et Thomas Malthus).

Boulding examine pratiquement toutes les questions soulevées par la théorie économique traditionnelle à propos des mécanismes de fixation des prix, des intérêts, de la valeur du travail, des fonctions de production, de l'équilibre de la croissance, de l'entropie et de l'état stable, etc. Il énonce de façon très persuasive une théorie de l'activité économique analogue aux processus biologiques dynamiques dans lesquels des organismes complexes croissent, se répandent, vieillissent, mutent, se reproduisent et évoluent, avec leur héritage de caractéristiques génétiques.

Les mécanismes mathématiques des néo-classiques, ainsi que les lois restrictives de la nature soutenues avec tant de vigueur par Georgescu-Roegen et autres, ne sont pas niés mais inclus dans un parallèle élégant et convaincant du monde biologique.

Le nouveau paradigme présenté par Boulding vaut la peine d'être pris en considération et de faire l'objet d'une étude approfondie. Il semble offrir un moyen de sortir des impasses intellectuelles étroites de la théorie économique néo-classique traditionnelle et de la théorie économique thermodynamique dite «radicale». Sa logique pourrait constituer le fondement permettant d'élaborer une base analytique plus appropriée et plus perfectionnée de façon à comprendre et à expliquer la nature complexe des interactions de l'économie et de l'environnement.

Conclusion

Cet examen de la pensée économique et de ses fondements, principes et paradigmes théoriques sert à montrer combien les caractéristiques des relations économico-environnementales sont profondes et perfides. La nature des organismes politiques et économiques, la nature du monde physique et les paradigmes éthiques et moraux adoptés constituent tous des éléments qui déterminent ces relations. Si l'on essaye d'aborder une partie ou seulement un certain nombre de ces éléments en ignorant les autres, on s'illusionne et on fournira certainement des réponses qui ne seront pas appropriées et qui pourront même être tout à fait contraires aux intérêts de la société.

La nécessité d'aborder tous ces éléments ne signifie pas qu'il est impossible de continuer mais tout simplement que les analystes, les conseillers en matière de politiques et les décisionnaires ne doivent pas se dérober devant les questions générales plus vastes dont un problème particulier ne constitue qu'un sous-ensemble. Étant donné que notre société a toujours eu tendance à éviter ces questions, cette exigence peut sembler au premier abord délicate et nouvelle. Sa valeur est cependant indéniable. À moins de pouvoir éprouver nos projets d'analyse et de politique par rapport aux questions plus vastes de l'objectif plus large à long terme de la société et par rapport aux principes d'éthique et de morale auxquels la société est censée adhérer, nous sommes tenus de faire suivre à nos profils de l'activité économique des voies irrationnelles et capricieuses au niveau du bien-être de la société.

L'analyse économique n'est pas un simple exercice de quantification et de calcul économique. Elle cherche à définir la nature et le but des organismes sociaux, de l'économie politique et du bien-être humain. L'ensemble des renseignements actuels, des données techniques et de la technique économétrique ne donnera pas d'éclaircissements à moins que l'enquêteur ne comprenne ce qu'est son objectif et pourquoi il étudie la question.

Bien que cet examen ne soit nullement une étude exhaustive de toutes les questions pertinentes, il sert à révéler l'importance des efforts supplémentaires déployés par tous les particuliers et toutes les institutions concernés en vue d'analyser et de formuler la politique économico-environnementale. Il serait irresponsable et dangereux de laisser quelques théoriciens, qui ont souvent réussi à embrouiller les questions les plus importantes au lieu de les éclaircir, débattre les bases, les hypothèses et les paradigmes fondamentaux servant à formuler la politique. L'avenir des économies industrielles modernes pourrait bien dépendre d'une participation plus éclairée de chefs et de citoyens bien informés pour guider leurs actions à cet égard.

La section suivante présente un cadre analytique qui devrait s'avérer utile au moment de prendre en considération certaines questions économico-environnementales particulières.

APPROCHE ANALYTIQUE POUR ÉVALUER LES INTERDÉPENDANCES DE L'ENVIRONNEMENT ET DE L'ÉCONOMIE

Introduction

Le chapitre précédent, qui a passé en revue la théorie et les concepts économiques, a permis d'identifier certaines des limites de l'approche économique néo-classique traditionnelle concernant l'analyse des relations entre l'économie et l'environnement. Il faut de toute évidence adopter une approche analytique plus complète qui tient compte des flux des matériaux et matières, des substances résiduaires, des externalités, des préférences des consommateurs et des autres répercussions qui découlent des liens entre les systèmes écologiques et les systèmes économiques à divers niveaux dans l'espace. Il faut également intégrer les aspects environnementaux et économiques afin de pouvoir élaborer un tableau complet des incidences des diverses politiques et actions.

La dernière décennie a été témoin d'un accroissement des recherches sur une méthode analytique plus complète. De plus en plus de chercheurs, d'ingénieurs, d'économistes, de planificateurs environnementaux et d'autres personnes ont collaboré à mieux définir la dynamique des activités sociales économico-environnementales à divers niveaux (régional, national et international). La principale technique d'exécution de ces analyses a été l'utilisation de modèles. Certains d'entres eux sont conceptuels tandis que d'autres sont des représentations opérationnelles de véritables économies. Ils ont été mis au point dans l'espoir d'améliorer la qualité de la prise des décisions environnementales, économiques et sociales.

La plupart de ces recherches récentes ont tenté d'évaluer les conséquences d'un ensemble précis de politiques sur le niveau de consommation et de production de biens et services et sur les polluants et autres aspects de la qualité de l'environnement. À l'aide de techniques d'estimation et d'évaluation, ces conséquences permettent de mesurer les avantages qui en résultent pour la société. Lorsque l'on répète le processus de modélisation pour diverses hypothèses concernant les politiques et la situation future de la technologie ou des ressources, on peut l'utiliser pour comparer les politiques ou les plans d'action et il peut servir de point de repère pour choisir la solution la plus souhaitable.

Aux niveau national et régional, un certain nombre de modèles touchant l'économie, l'environnement et l'énergie ont été bâtis autour de ce cadre au cours des dernières années. Étant donné la complexité de ces modèles, ils sont forcément détaillés et regroupent des éléments de méthodologies provenant de plusieurs disciplines. Certains modèles reflètent les efforts coopératifs d'ingénieurs et d'experts en sciences sociales et physiques et font appel à tout un éventail de techniques dont l'économétrie, l'optimisation et les processus physiques. Malgré diverses contraintes, il en résulte une capacité accrue d'évaluation des aspects complexes de l'interaction de l'économie et de l'environnement.

Lorsque l'on aborde un éventail aussi vaste de variables et d'interactions, il convient de faire remarquer qu'aucun modèle ne peut tout englober. C'est pour cette raison que les analystes choisissent souvent de concentrer leurs efforts sur des relations particulières, des zones spatiales précises ou des périodes données (par ex. à long terme ou à court terme). Des efforts sont actuellement déployés, en particulier aux États-Unis, pour relier divers sous-modèles afin de mieux décrire les systèmes globaux et leur fonctionnement.

Ces efforts bénéficient d'une collaboration internationale, surtout entre les universitaires, les chercheurs et les responsables des politiques européens et nord-américains. Une conférence a eu lieu en 1980 à l'Institut des études avancées dans les sciences sociales et humaines (NIAS) des Pays-Bas. Elle avait pour but de parler de la recherche sur la modélisation et de l'analyse des politiques appliquées aux interactions de l'économie, de l'environnement et de l'énergie. Si l'on passe brièvement en revue les techniques de recherche abordées et certaines qui ont été mises au point depuis cette conférence, on obtient l'éventail des instruments analytiques actuellement disponibles et on peut souligner certaines des limites et certains des obstacles qui surgissent lorsque l'on s'efforce de définir ou de quantifier ces relations complexes.

Les techniques analytiques suivantes ont été examinées et sont résumées à l'annexe 1 :

- *Analyse entrées-sorties*
- *Modèles de la balance des matériaux et matières et des systèmes écologiques*
- *Analyse intégrée des incidences environnementales*
- *Modélisation intégrée de l'environnement*
- *Analyse coûts-avantages*
- *Modèles économico-environnementaux multirégionaux*
- *Modèle de projection à plusieurs plans*

Approche systématique de l'élaboration des politiques économiques et environnementales

L'examen des techniques analytiques a permis de révéler clairement qu'aucun ensemble d'équations ou aucune formule unique ne fournit une méthode simple ou facile en vue de déterminer la mesure ou la politique «bonne» ou «correcte» pour des questions économico-environnementales précises. Chaque technique mise au point jusqu'à présent comporte

des restrictions au niveau de sa portée ou de sa capacité à quantifier de façon convenable les facteurs pertinents et à établir un rapport entre eux. Il est évident qu'aucune technique quantitative ne peut répondre aux questions qualitatives soulevées dans le chapitre 2.

Il est toutefois possible d'élaborer une méthode analytique qui permettra à la fois aux analystes des politiques, aux planificateurs et aux décisionnaires de mieux comprendre la complexité du problème et de mieux saisir certaines implications des divers choix de politiques et de mesures. Une telle approche analytique devrait exiger que l'enquêteur aborde rigoureusement et de façon ordonnée les aspects subjectifs (qualitatifs), les aspects théoriques et les aspects techniques (quantitatifs) des problèmes ou des questions envisagés. En outre, elle devrait également offrir une certaine méthodologie permettant de synthétiser ces aspects pour finalement en faire le fondement des politiques et des mesures.

Heureusement, d'importantes recherches ont été terminées sur les systèmes de résolution des problèmes et les approches (analyse des systèmes). Il est donc relativement facile de créer un cadre conceptuel. Si le travail comporte en fin de compte une analyse de l'incidence des mesures, l'approche analytique devrait alors englober les principaux éléments suivants[3] :

1. *Une description du cadre du problème :*

   L'ensemble des systèmes physiques, techniques et institutionnels qui constituent le cadre du problème.

2. *Un ensemble de politiques ou d'actions possibles :*

   Elles décrivent le cadre d'évaluation.

3. *Un modèle analytique (ou un ensemble de modèles) :*

   Ces modèles imitent dans une certaine mesure les interactions des variables à l'intérieur du cadre du problème.

4. *Une structure de données ou un ensemble de données :*

   Cet ensemble décrit les caractéristiques des variables et des composantes incluses dans le modèle analytique.

5. *Un ensemble de critères d'évaluation :*

   Ces critères établissent la base de mesure de la performance du système.

Les éléments susmentionnés sont essentiels pour toutes les analyses d'incidences et il faudrait les inclure dans toute approche systématique destinée à examiner les interactions des systèmes économique et environnemental. La figure 5 illustre sous forme de diagramme schématique une méthode d'analyse de l'incidence de certaines politiques ou mesures sur l'environnement ou l'économie. On peut remarquer que les principaux éléments sont arrangés dans un ordre qui permet une analyse itérative comportant des renseignements, des choix de politiques et des critères d'évaluation modélisés. En bref, les principaux éléments de ce schéma sont les suivants :

Définition du problème : L'ordre définitif de tout système de résolution d'un problème exige tout d'abord un effort de description du problème. Dans les cas les plus complexes, cet effort devient une entreprise interdisciplinaire destinée à fournir des renseignements décrivant les «systèmes» qui touchent le problème défini ou énoncé. Pour élaborer une méthode analytique convenable d'évaluation des incidences des politiques, il est primordial de comprendre et de décrire le cadre du problème. Cette étape fournit le cadre de base nécessaire pour élaborer une modélisation et une analyse plus poussées.

Politique ou mesure : Étant donné les environnements physiques, techniques, économiques et institutionnels décrits, il faut également définir les politiques ou mesures possibles à analyser. Ces possibilités sont analysées pour déterminer l'emplacement et le niveau d'interaction avec chacun des systèmes physiques précédemment définis. Par exemple, une politique de mise en valeur des eaux pourrait aboutir à une augmentation des réserves en eau. Une politique de conservation de l'eau pourrait atteindre les mêmes objectifs en offrant des stimulants destinés à réduire les coûts afin d'encourager l'adoption de techniques plus efficaces. Cette étape doit être approfondie puisque de nombreuses initiatives ont des interactions pour donner d'autres ensembles de conditions complexes.

Modèle analytique : L'élaboration de modèles analytiques devrait englober, sous une forme mathématique ou autre, une connaissance à la fois théorique et méthodologique du problème et de son environnement et une considération des possibilités envisagées. Le modèle peut prendre de nombreuses formes, depuis la simulation jusqu'à l'optimisation en passant par une énumération simple des possibilités. Dans les cas qui appellent une analyse économique, on suppose que la théorie économique pertinente est présente. Au cours de l'élaboration des modèles analytiques, l'analyste doit prendre en considération les solutions possibles. L'étude antérieure des théories économiques révèle que des points de vue opposés à propos de principes économiques fondamentaux pourraient très bien aboutir à des conclusions assez différentes selon la base théorique adoptée.

[3] Adaptation d'après Rinaldi et J.C. Wade (1981).

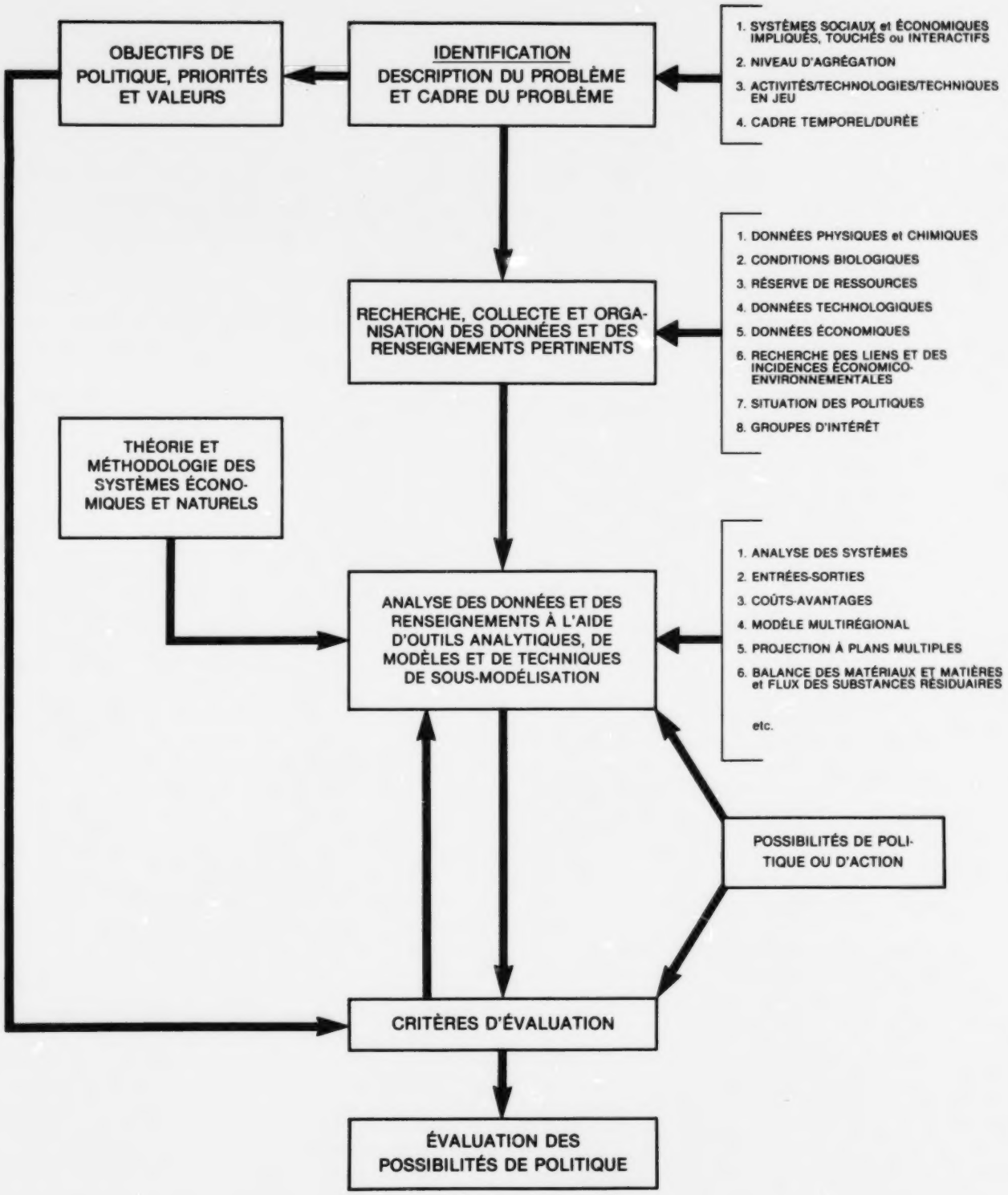


FIGURE 5
Diagramme schématique identifiant les principales composantes d'une analyse systématique des incidences

Base de données et de renseignements : La base de données constitue l'élément le plus important à considérer pendant l'élaboration de systèmes qui étudient les politiques possibles au niveau régional. Pour définir convenablement la structure physique, technique, écologique et économique dans laquelle se déroule une analyse, les données doivent mentionner, dans la mesure du possible, les possibilités techniques, la variabilité et la disponibilité des ressources et les interrelations qui les caractérisent. Ce processus doit être cohérent, souple et opportun.

Le but de l'analyse et des techniques analytiques de modélisation choisies définira en grande partie la base de données et de renseignements nécessaire. Il n'est pas souhaitable que la structure de la base de données ou la disponibilité des données dicte la méthode analytique car, dans certains cas, une agrégation inappropriée des données peut faire échouer le but de l'analyse. Il est primordial d'éviter une telle agrégation dans les études régionales où il est essentiel de séparer les renseignements en ensembles observables qui décrivent les facteurs régionaux par opposition aux facteurs nationaux.

Critères d'évaluation : À l'aide de critères appropriés, cohérents et explicites, il faudrait comparer les résultats des choix de politiques envisagés, prévus par le modèle.

Application de l'approche intégrée

Les efforts déployés pour aborder les problèmes économico-environnementaux seront plus efficaces et plus productifs si l'on adopte une approche systématique pour organiser l'objectif, les données nécessaires, la méthodologie à utiliser, la politique ou les mesures à envisager et les critères de jugement des solutions possibles. Le recours à une approche comme celle décrite à la figure 5 devrait aider à évaluer ce que l'on a appelé les problèmes «délicats» (voir Rittel et Webber, 1973). Ce terme reconnaît la difficulté rencontrée pour résoudre des problèmes caractérisés par une grande complexité et une lourde incertitude.

En adoptant et en appliquant l'approche intégrée, on aborde les questions selon un ordre et une hiérarchie qui permettent de mieux comprendre le noeud du problème ou de la question en jeu. Dans la séquence de résolution du problème, cette approche permet également d'identifier où chaque tâche se situe et où il existe des interdépendances dans l'analyse. Par exemple, il ressort clairement qu'une recherche de données ne peut se dérouler sans avoir défini le problème et l'ensemble du problème.

Les éléments suivants ont été jugés nécessaires pour entamer une analyse de véritables questions actuelles.

Définition du problème

L'énoncé du problème devrait, dans la mesure du possible, mentionner les éléments suivants :

1. *Les systèmes concernés :*

   — social
   — politique
   — environnemental
   — économique

2. *Le niveau d'agrégation de l'analyse :*

   — international/global
   — national
   — régional
   — provincial
   — local

3. *La technologie ou l'activité concernée :*

   — modification de systèmes naturels
   — transformation des terres/construction
   — extraction des ressources
   — transformation
   — modifications du volume et des profils du transport
   — remplacement ou traitement des déchets
   — loisirs
   — accidents
   — autres

4. *Le cadre temporel de l'analyse :*

   — passé
   — présent
   — futur (à court terme)
   — futur (à long terme)

Une fois que l'on a défini et décrit l'ensemble du problème, éventuellement avec la participation de compétences multidisciplinaires et de certaines des parties touchées par la question, il est alors possible de passer à la recherche, la collecte, l'organisation et l'évaluation des données et des renseignements déjà disponibles. Les données nécessaires dépendront évidemment de la méthodologie choisie; c'est donc le moment d'étudier la méthodologie. Il convient de faire remarquer que l'on ne dispose pas souvent de données convenables pour analyser ces problèmes, ce qui nécessite un effort important de collecte des données.

Recherche de données et de renseignements

Il serait bon de subdiviser en un certain nombre de catégories distinctes les données et renseignements pertinents aux questions et sujets concernant l'environnement et l'économie.

Cet ensemble de catégories pourrait englober les éléments suivants :

1. *Les caractéristiques physiques :*

   — la terre
   — l'eau
   — l'atmosphère
   — les processus

2. *Les systèmes biologiques :*

   — la flore
   — la faune

3. *Les réserves de ressources — estimations de l'utilisation des terres, données sur le potentiel et la variabilité*

4. *Les activités et les techniques connexes*

5. *Les données économiques (coûts, valeurs, données de production, etc.) pour :*

   Les industries primaires :

   — agriculture
   — sylviculture
   — pêche, chasse et piégeage
   — mines, carrières et puits de pétrole

   Les industries secondaires :

   — secteur de la fabrication
   — construction
   — énergie électrique et autres services publics

   Les industries tertiaires/de services :

   — transports
   — communications
   — commerce de gros et de détail
   — finances, assurances et affaires immobilières
   — services professionnels et personnels
   — déplacements et publicité

   Le secteur public :

   — dépenses
   — recettes

6. *Les données démographiques (recensement)*

7. *Les études et les recherches connexes :*

   — études de cas
   — évaluations des incidences
   — modèles analytiques

8. *Le cadre (existant) de la politique :*

   — législation pertinente
   — règlements
   — règles
   — définitions de compétence

9. *Les groupes d'intérêt et la population touchée :*

   — enquêtes
   — sondages
   — recherches
   — présentations, mémoires et dossiers concernant les litiges

Le regroupement des données selon les catégories proposées ou d'une façon semblable devrait permettre de déceler rapidement les lacunes dans les données et les renseignements incomplets. À ce stade, il faut prendre une décision importante à propos des coûts d'exécution d'une collecte de données supplémentaires, de l'ampleur d'une nouvelle collecte de données et du type de données nécessaires. Cette décision comporte un jugement inhérent aux conséquences (coûts) de ne pas réunir les données, de ne pas achever l'analyse et de ne pas prendre des mesures au niveau de la politique en toute connaissance de cause.

Cela ne veut pas dire qu'il ne faudrait pas envisager d'autres solutions efficaces et économiques. En fonction de la question posée, on pourrait utiliser des approches innovatrices non quantitatives, par exemple des techniques de négociation fondées sur des principes (Dorcey). Cependant, il faudra un certain nombre de données quantitatives dans presque tous les cas.

Une étude systématique des importantes questions économico-environnementales au Canada permettrait, entre autres avantages, d'identifier les données clés à divers niveaux (local, régional, etc.) qu'il faudrait recueillir en permanence pour fournir des bases de données cohérentes. Ces données devraient servir à examiner des questions particulières dans certaines régions du pays (se reporter à l'annexe 1 concernant les projets de modèle multirégional intégré des États-Unis).

Le chapitre qui suit décrit la méthode utilisée pendant la présente étude pour chercher les données économico-environnementales existantes. L'annexe 2 comporte les résultats de recherches préliminaires de données et de renseignements concernant un échantillon de questions économico-environnementales qui sont actuellement pertinentes pour le Canada. Bien que ce travail préliminaire ait décelé des carences de données et des problèmes structurels graves dans les bases de données échantillonnées, l'application de la méthode suggérée s'est révélée très utile au cours du processus de recherche. D'après cette expérience, il est recommandé d'adopter une méthode de ce genre pour les recherches futures.

RECHERCHE DE RENSEIGNEMENTS ÉCONOMICO-ENVIRONNEMENTAUX

Il existe une importante documentation sur les interactions entre l'environnement et l'économie mais le chercheur qui veut trouver de telles données doit être conscient à la fois des possibilités et des obstacles rencontrés pour trouver les renseignements. Avant d'entamer le processus de recherche, il faut prendre en considération les pièges et les difficultés rencontrés pour trouver les données portant sur l'environnement et l'économie. Des difficultés surgissent pour les raisons suivantes :

— Le concept d'interactions économico-environnementales est très large et englobe un certain nombre de disciplines professionnelles et scientifiques, par exemple les sciences biologiques, l'agriculture, l'économie et la gestion industrielle. Pendant la recherche dans la documentation et les bases de données, il faut faire preuve d'une grande ouverture d'esprit.

— On retrouve beaucoup de renseignements portant sur ce sujet dans la «documentation inédite», c'est-à-dire dans les études inédites du gouvernement et de l'industrie, les procès-verbaux de conférences, les rapports d'experts-conseils et d'autres sources qui ne sont pas toujours accessibles par le biais des recherches documentaires habituelles dans les bibliothèques ou les bases de données. Il faut que les chercheurs soient disposés à utiliser plus de moyens «peu orthodoxes» pour identifier et obtenir ce genre de renseignements, y compris des demandes de renseignements par téléphone et des demandes écrites adressées à des particuliers, des organismes gouvernementaux ou des organisations travaillant dans le domaine pertinent.

Examen des sources

La documentation publiée est assez facile à trouver par des recherches documentaires manuelles ou par des recherches bibliographiques informatisées. Chaque méthode de recherche présente certains avantages et il faudrait recourir aux deux pour obtenir les bibliographies les plus complètes par sujet.

Recherches documentaires manuelles

Une recherche manuelle signifie une recherche documentaire traditionnelle en bibliothèque à l'aide de catalogues, d'index spéciaux des périodiques, de bibliographies par sujet et d'un dépouillement régulier des principales revues publiées dans le domaine. Dans la région d'Ottawa, les principales bibliothèques qui possèdent des collections relatives à l'environnement englobent l'Institut canadien de l'information scientifique et technique (ICIST), le réseau de bibliothèques d'Environnement Canada et l'Université Carleton. Les principaux index et résumés analytiques couvrant les publications environnementales sont Environment Abstracts, Environment Index, Government Reports Announcements (National Technical Information Service des États-Unis) et Pollution Abstracts. Le chercheur devrait cependant savoir que d'autres index touchant des domaines connexes peuvent également fournir des renseignements utiles; par exemple, il serait utile d'effectuer une recherche dans les Forestry Abstracts pour obtenir des renseignements sur l'incidence des pluies acides sur les ressources forestières. Des index semblables par sujet existent pour la plupart des disciplines scientifiques. (Il convient de remarquer qu'un nombre croissant d'index imprimés et de résumés analytiques correspondent à des bases de données bibliographiques informatisées auxquelles on peut avoir accès par ces deux moyens.)

Recherches dans des bases de données bibliographiques informatisées

Au cours de la dernière décennie, les bases de données bibliographiques informatisées se sont multipliées très rapidement, en grande partie pour essayer de suivre l'augmentation considérable du nombre d'ouvrages scientifiques publiés. Une recherche dans une base de données peut fournir rapidement à un chercheur une vaste bibliographie par sujet. Bien que certains concepts généraux s'appliquent aux bases de données bibliographiques, il existe une grande variation entre les bases de données individuelles. Pour obtenir des résultats utiles à la suite de recherches effectuées en direct (à l'aide d'un ordinateur) dans une base de données bibliographiques, il faut comprendre trois choses :

— le sujet de la recherche et la façon dont on peut décomposer ce sujet en concepts, mots clés ou phrases et leurs synonymes;

— la «stratégie» de recherche en direct pour effectuer une recherche dans une base de données et aussi ce que les bases de données peuvent fournir ou non; et

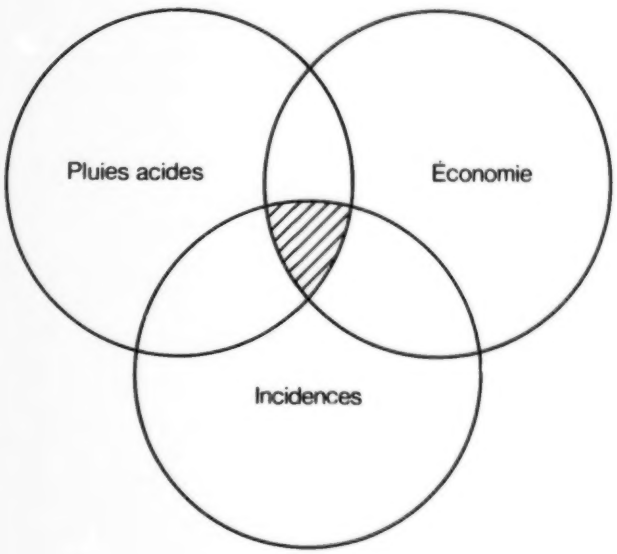
— les caractéristiques uniques de la ou des bases de données choisies pour la recherche, notamment la période couverte et les sujets traités, le contenu et les techniques et limites de recherche.

En gros, une recherche en direct est une recherche dans un index informatisé. Comme pour un index imprimé, on accède au sujet d'intérêt particulier par l'intermédiaire de titres par sujet ou, dans le cas des bases de données, par des «mots clés», des «descripteurs» ou des «vedettes d'identification». (Il peut s'agir de mots ou de phrases.) L'un des principaux avantages que présentent les recherches en direct dans des bases de données par rapport aux recherches dans les index imprimés réside dans le fait que l'on peut utiliser les mots clés dans un certain nombre de combinaisons à l'aide des opérateurs booléens «ET», «OU» ou «SAUF». Ces mots permettent de définir la recherche avec encore plus de précision qu'avec un index imprimé dans lequel on ne peut chercher qu'un seul terme à la fois.

Ce sont les diagrammes qui permettent de visualiser le mieux les opérateurs booléens. Par exemple, si le sujet de la recherche concerne «les incidences économiques des pluies acides», les termes ou mots clés de la recherche pourraient être décomposés en groupes de concepts et en leurs synonymes comme suit :

Concept A	*Concept B*	*Concept C*
pluies acides	économie	incidence(s)
pollution-atmosphérique	économique	répercussion(s)
	socio-économique	coût(s)

Au cours de la recherche dans la base de données, l'expression «pluies acides» permettra d'extraire un ensemble de références bibliographiques contenant cette expression dans le titre, le descripteur, la vedette d'identification ou le champ du résumé analytique. (On peut exclure de la recherche un champ quelconque. Souvent, il est utile d'éliminer le champ du résumé analytique car des références générales trop nombreuses peuvent apparaître.) On compile un ensemble pour chaque terme de la recherche. L'opérateur «OU» sert à lier les synonymes pour chaque sujet avant que les différents concepts ne soient reliés par le mot «ET». Lorsque les termes sont combinés à l'aide de l'opérateur «ET», il en résultera un sous-ensemble de ces termes, c'est-à-dire seulement la bibliographie qui renferme les trois termes.



La zone ombragée du diagramme précédent représente les références qui contiennent les trois termes de la recherche et sont donc les plus susceptibles d'avoir trait au sujet. (Pour que le diagramme demeure simple, les synonymes ne sont pas mentionnés.)

L'opérateur «SAUF» peut être utilisé pour exclure des termes, par exemple «la pollution sauf la pollution de l'eau».

Il faut envisager individuellement chaque base de données dans laquelle on veut chercher des références. Une seule stratégie de recherche peut ne pas convenir à toutes les bases de données, même si le sujet demeure le même. Des stratégies différentes sont exigées en raison de la structure et du contenu variables des bases de données. Ces dernières connaissent les variations suivantes :

— *Période couverte :* Certaines bases de données englobent des documentations remontant aux années 60 ou avant, tandis que d'autres n'englobent pas la documentation publiée avant 1970. Certaines bases de données sont mises à jour souvent (certaines tous les mois), tandis que d'autres ont parfois jusqu'à deux ans de retard.

— *Sujets :* La plupart des bases de données ont une spécialisation par sujet, par exemple «agriculture» ou «affaires». Cependant, étant donné que les sujets scientifiques sont quelque peu reliés et interdisciplinaires, il faut souvent étudier un large éventail de bases de données pour obtenir une couverture complète. Par exemple, une recherche portant sur «les incidences économiques des pluies acides» pourrait englober des bases de données portant sur l'environnement, les affaires, l'économie et l'information générale (par ex. les journaux et les médias). Chaque base de données englobera différentes sources de renseignements sur le sujet.

— *Contenu :* En général, les recherches dans les bases de données sont utiles pour obtenir les données publiées dans des sources habituelles comme les articles de revues, les actes publiés de conférences et les rapports gouvernementaux ou institutionnels. Le contenu des autres documents varie considérablement, par exemple pour les monographies, les rapports d'experts-conseils, les études spéciales et la recherche faite par les entreprises. Certaines bases de données n'englobent qu'un seul type de publication. Par exemple, NTIS ne comprend que les recherches parrainées par les gouvernements et Infoglobe ne comprend que des articles publiés dans le Globe & Mail.

— *Caractéristiques particulières :* Les bases de données sont publiées par divers organismes commerciaux ou institutionnels. Chaque base de données utilise des termes d'indexation ou des thésaurus différents, ainsi que des formats différents pour leurs renvois. Certaines permettent au chercheur de limiter ses recherches d'un certain nombre de façons, par exemple aux articles désignés comme des documents «principaux», à des types de documents précis ou à une zone géographique donnée. Pour obtenir les références les plus pertinentes, il faut évaluer les capacités de chaque base de données et les incorporer dans le plan de recherche. Les fournisseurs de bases de données publient des guides abrégés de leurs bases de données.

Ces guides mentionnent les principales caractéristiques de chaque base de données et il faudrait faire un renvoi au guide au moment de la planification d'une recherche. Les éditeurs publient également des modes d'emploi détaillés de leurs bases de données. Pour celles qui font l'objet de recherches fréquentes, il est utile d'obtenir les guides car ils fournissent des renseignements sur les méthodes d'indexation et sur la présentation des vedettes-matières, ainsi que les techniques de recherche et d'échantillonnage.

Voici une liste de quelques bases de données susceptibles d'être utiles pour les recherches concernant les interrelations de l'environnement et de l'économie et les sujets connexes. La liste comporte également une brève description et des remarques concernant les caractéristiques particulières.

Base de données	*Période couverte*	*Description du contenu*	*Caractéristiques*
(Bases de données Dialog)			
Agricola (dossiers 10, 110)	1970 à nos jours	Produite par le ministère de l'Agriculture des États-Unis. Cette base de données est un index international des publications ayant trait à l'agriculture, y compris l'économie agricole.	— certains résumés — restriction linguistique — thésaurus et guides pour l'utilisateur disponibles
APTIC (dossier 45)	1966-1978	Références sur la pollution atmosphérique, incluant les incidences économiques. Produite par l'Environmental Protection Agency des États-Unis. Utile pour la documentation non traditionnelle, mais uniquement pour cette période limitée.	— résumés — restriction linguistique — thésaurus disponible
CAB Abstracts (dossier 50)	1973 à nos jours	Cette base de données est produite par les Offices agricoles du Commonwealth (CAB) et offre une couverture mondiale de tous les domaines des sciences agricoles.	— résumés — restrictions par catégorie — guides pour l'utilisateur disponibles
* Canadian Business & Current Affairs (dossier 262 — bientôt également disponible dans CAN/OLE)	1980 à nos jours	170 revues canadiennes des affaires et 10 journaux sont répertoriés pour donner les «perspectives d'affaires» sur l'industrie, l'économie, la politique gouvernementale, etc. Base de données sur les questions de l'heure.	— aucun résumé
Dissertation Abstracts Online (dossier 35)	1861 à nos jours	Mémoires et thèses de doctorat des États-Unis et parfois du Canada. Couvre tous les domaines des sciences, de l'économie et des sciences humaines.	— résumés pour les références postérieures à 1980
DOE Energy (dossiers 103, 104)	1974 à nos jours	Renseignements sur les questions ayant trait à l'énergie, dont l'environnement, la politique et l'économie de l'énergie. Base compilée par le ministère de l'Énergie des États-Unis; elle comporte des articles de revues, des exposés de conférences, des thèses de doctorat et des traductions de sources internationales.	— restrictions par descripteur principal — résumés — index de termes particuliers (termes populaires) — guide de l'utilisateur et thésaurus disponibles

Base de données	*Période couverte*	*Description du contenu*	*Caractéristiques*
**Economic Literature Index (dossier 139)	1974 à nos jours	260 revues économiques et environ 200 monographies sont dépouillées chaque année. Comprend des renseignements sur la croissance économique, la planification, l'économie urbaine et régionale et les ressources naturelles.	
**Economic Abstracts International (dossier 90)	1974 à nos jours	Couverture internationale de la recherche économique incluant la théorie et la politique publique. Environ 50 % du contenu est consacré à des sources européennes.	— codes de descripteur — aucun résumé
Energyline (dossier 69)	1971 à nos jours	Couvre tous les aspects de l'énergie, y compris les questions environnementales et économiques. Englobe les conférences, revues, rapports gouvernementaux et monographies.	— résumés — restrictions par vedette — principale/non principale — guide de l'utilisateur et thésaurus disponibles
**Enviroline (dossier 40)	1971 à nos jours	Couvre les questions environnementales à l'échelle internationale. Comprend plus de 5 000 sources primaires et secondaires incluant des rapports gouvernementaux, revues, conférences, journaux, films et monographies.	— résumés depuis 1975 — restrictions par vedette principale/non principale — classification par cote de sujet (review classification) — guide de l'utilisateur disponible
**Environmental Bibliography (dossier 68)	1973 à nos jours	Recherche sur l'environnement et l'écologie humaine en général. Seules les revues (plus de 300) sont répertoriées.	— aucun résumé — vocabulaire disponible
**Life Sciences Collection (dossier 76)	1978 à nos jours	Base générale de données sur les sciences de la vie qui englobe des études environnementales ou écologiques provenant d'un large éventail de sources.	— restriction linguistique — résumés — thésaurus et guide de l'utilisateur disponibles

Base de données	*Période couverte*	*Description du contenu*	*Caractéristiques*
**Magazine Index (dossier 47)	1959-1970, 1973 à nos jours	Base de données interdisciplinaire couvrant environ 450 revues populaires pour référence générale. Couvre les questions de l'heure, l'environnement, l'économie, les affaires, etc. (Les références des derniers mois sont incluses dans la base de données Newsearch, dossier 211.)	— aucun résumé — texte intégral de certains articles disponibles dans File Magazine AESP — thésaurus disponible
Management Contents (dossier 75)	1974 à nos jours	Sujets relatifs aux affaires et à la gestion couvrant des renseignements sur la politique et la planification et sur la prise de décisions pour l'industrie et le gouvernement.	— résumés — codes de descripteur
Medline (dossiers 152, 153, 154)	1966 à nos jours	Couvre la documentation concernant tous les domaines de la biomédecine. Plus de 3 000 revues sont dépouillées régulièrement. Couverture de certaines monographies.	— résumés — limitation possible aux sujets humains ou non humains — restrictions par vedette principale/non principale — thésaurus
Occupational Safety and Health (dossier 161)	1972 à nos jours	Plus de 400 revues sont répertoriées régulièrement et 70 000 monographies sont incluses dans cette base de données portant sur le milieu de travail.	— résumés — restriction linguistique
**Pollution Abstracts (dossier 41)	1970 à nos jours	Couvre tous les secteurs de la qualité de l'environnement.	— résumés — descripteurs et termes supplémentaires — restriction linguistique — guide de l'utilisateur et thésaurus
SciSearch (dossiers 34, 87, 94, 186)	1974 à nos jours	Index multidisciplinaire de la documentation scientifique et technique incluant les sciences environnementales.	— aucun résumé — restriction linguistique — restriction par article/non-article

Base de données	*Période couverte*	*Description du contenu*	*Caractéristiques*
Social SciSearch (dossier 7)	1972 à nos jours	Base de données multidisciplinaire qui répertorie plus de 1 500 revues de sciences sociales et d'autres sources internationales de monographies et de revues. Documentation économique incluse.	— aucun résumé — restriction linguistique — restriction par article/ non-article
(Bases de données Can/Ole)			
**NTIS (National Technical Information Service (également disponible dans Dialog)	1964 à nos jours	Index multidisciplinaire des recherches de plus de 300 organismes parrainées par le gouvernement américain. La documentation environnementale et socio-économique est incluse, ainsi que certains rapports ne provenant pas du gouvernement américain qui sont vendus par le NTIS.	— résumés depuis 1982 — microthésaurus — environnemental disponible
* ELIAS (Système informatisé pour les bibliothèques du ministère de l'Environnement)	1976 à nos jours	Cette base de données répertorie les avoirs de 15 bibliothèques d'Environnement Canada. Englobe des monographies, des publications en série, des actes de conférences et des rapports.	— aucun résumé
* OON (Catalogue de l'Institut canadien de l'information scientifique et technique)	1978 à nos jours	C'est le catalogue de la bibliothèque scientifique nationale à Ottawa. Englobe des monographies, des actes de conférences et des rapports techniques dans tous les domaines scientifiques.	— aucun résumé
* Electric Power Database	1972 à nos jours	Couvre les recherches effectuées dans l'industrie électrique aux États-Unis et au Canada, y compris des études économiques/ environnementales.	— résumés
(Bases de données QL Systems)			
* Canadian Environment **Database (CENV)	1970 à nos jours	Contient plus de 65 000 références à des articles scientifiques, techniques et généraux dans tous les domaines de l'environnement canadien. Couvre les revues, les procès-verbaux et les rapports gouvernementaux.	— résumés — restrictions géographiques

Base de données	*Période couverte*	*Description du contenu*	*Caractéristiques*
* Infoglobe (Base de données du Globe & Mail)	1977 à nos jours	Cette base de données répertorie les articles du Globe & Mail. Comprend une couverture générale de l'environnement et de l'économie du Canada par les médias.	— texte intégral d'articles disponible en direct

* Signifie que la base de données met l'accent sur le contenu canadien.

** Désigne les principales bases de données pour ce sujet. D'autres sont également susceptibles de renfermer des renseignements utiles mais il faudrait y faire des recherches après ou conjointement avec les principales bases de données traitant du sujet.

Recherches préliminaires dans certaines bases de données choisies

Des recherches ont été effectuées dans plusieurs bases de données choisies afin de faire une évaluation préliminaire du genre de renseignements dont disposent les chercheurs canadiens et de leur présentation. Les résultats de ces recherches ont été mitigés car il faudrait effectuer des recherches plus précises et de plus grande envergure dans de nombreuses sources de données (publiées et inédites) pour achever une analyse d'une question ou d'un sujet particulier. Toutefois, d'après les échantillons de recherches, on peut formuler certaines observations.

L'application de l'approche analytique proposée dans le chapitre précédent (c'est-à-dire, préciser les systèmes touchés, le cadre temporel, le contexte spatial ou le niveau d'agrégation, les activités et les techniques impliquées) a été très utile pour recueillir des données pertinentes. Son utilité est apparue lors de la conception de la stratégie de recherche. Il convient de noter qu'il faut savoir ce que l'on veut avant de chercher des données ou des renseignements. Si l'on recherche des renseignements sans avoir un but précis ou une raison d'être analytique, on ne pourra ni comprendre un sujet, ni en tirer des conclusions judicieuses.

Une importante constatation découlant de la présente étude de la documentation et des techniques économico-environnementales touche la nature unique des relations entre l'environnement et l'économie. Ce caractère unique signifie que l'application de constatations tirées de recherches semblables ou connexes fondées sur un ensemble de circonstances, à un certain endroit, à un moment donné, et utilisant peut-être une technologie différente, ne conviendra pas forcément pour résoudre un problème connexe ailleurs. L'examen des efforts de recherche semblables déployés ailleurs comporte évidemment de nombreux avantages. Les expériences, les constatations et les conclusions tirées de cette recherche peuvent être d'un précieux secours pour les chercheurs qui veulent cerner convenablement les questions qu'ils souhaitent étudier. Toutefois, dans la plupart des cas, il ne faudrait pas utiliser les conclusions ou les données découlant des recherches pour tirer des conclusions directes à propos de différents ensembles de problèmes économico-environnementaux.

Recherches de publications abordant les interrelations, les liens, et les incidences entre l'environnement et l'économie

Ces recherches ont été entreprises pour se faire une idée de la quantité de publications et de renseignements disponibles et du genre de renseignements qu'on y trouve. Les recherches ont été effectuées dans les bases de données suivantes :

— *Enviroline*

— *Magazine Index*

— *Economic Literature Index*

— *NTIS (ministère du Commerce des États-Unis)*

— *Environnement Canada : Bibliothèque du Ministère*

D'après le produit de ces recherches : deux observations s'imposent : (1) le sujet est si varié que les thèmes précis au sein de ce domaine comportent un mélange de traitements généraux et théoriques; et (2) d'après cet échantillon, on s'est également aperçu que les bases de données à orientation économique peuvent apporter une contribution au problème plus applicable en termes de données quantitatives. L'ordonnancement et les références des bases de données étudiées étaient assez variables et il est donc impossible d'émettre une généralisation à propos de leur contenu.

Échantillons de recherches à l'aide d'échantillons de questions ou de problèmes économico-environnementaux

Pour vérifier l'utilité de l'approche systématique abordée au chapitre 3, nous avons eu recours à un choix de bases de données incluant la bibliothèque du ministère de l'Environnement du Canada, Enviroline et Pollution Extracts. Nous avons défini un ensemble de descriptions du problème et effectué des recherches pour le premier exemple (les incidences économiques de l'érosion des sols) d'après un ensemble complet de titres. Cinq autres exemples ont fait l'objet de recherches moins poussées car nous avons constaté que la constitution de catégories globales était trop large pour «cibler» des renseignements précis. Il convient de faire remarquer qu'il faudrait résoudre ce problème pour chaque base de données en raison de leur conception non normalisée.

L'annexe 2 présente un rapport sur les résultats des recherches. La version finale du rapport ne comporte que deux échantillons d'imprimés. Des photocopies des autres sont disponibles sur demande. Les échantillons annexés illustrent la méthode utilisée et le type de résultat que l'on peut espérer tirer des recherches dans les bases de données portant sur ce sujet.

CONCLUSIONS ET BESOINS FUTURS DE RECHERCHE

Conclusions

Ce court projet de recherche a prouvé plusieurs éléments qui fournissent un point de départ aux travaux qui seront effectués plus tard dans ce domaine, notamment :

1. Les interdépendances constatées dans la société et concernant les activités économiques et les systèmes et sous-systèmes environnementaux sont complexes et vastes.

2. Le cadre de la théorie économique néo-classique traditionnelle, fondé sur les préférences individuelles et l'utilité, la dynamique du marché et les flux de revenu, etc., ne suffit pas pour comprendre les interactions et les interdépendances de certains systèmes économiques et de certains systèmes environnementaux.

3. Au cours des dernières années, on a élaboré et utilisé diverses méthodologies pour créer des modèles analytiques destinés à expliquer les liens et les interdépendances de la qualité de l'environnement et de la performance économique. Chacune de ces méthodologies comporte des limites, mais la tendance générale a été favorable à une plus grande intégration des systèmes ou sous-systèmes individuels et à un accroissement de leur lien pour concevoir des représentations plus réalistes de la réalité.

4. Pour que l'analyse des interdépendances produise des résultats significatifs et applicables sous forme de politiques et d'autres mesures, elle doit être effectuée à un niveau de désagrégation permettant la séparation et l'identification des rôles joués par les divers facteurs principaux. Par conséquent, il est probable que l'analyse d'un bassin fluvial ou d'une autre unité régionale fournisse plus d'éclaircissements que des agrégations de données plus importantes. Une analyse nationale pour un pays de la taille du Canada ne fournira pas les renseignements nécessaires pour séparer les incidences et les conséquences distinctes et différentes qui surgissent sur un territoire géographique de 8 000 kilomètres de long.

5. L'analyse des questions concernant l'interdépendance de l'environnement et de l'économie et l'incidence des politiques exige un cadre analytique systématique comportant :

   — une définition et une description du problème;

   — la collecte et l'ordonnancement des données;

   — des modèles analytiques et une théorie connexe;

   — la vérification et la comparaison de diverses options ayant trait aux politiques; et

   — des critères d'évaluation.

   Cette approche aidera les responsables des politiques, les chercheurs et les profanes à tirer des enseignements utiles et elle permettra d'émettre des jugements plus éclairés sur certains choix de politiques ou plans d'action.

6. Les bases de données publiées offrent un large éventail de renseignements mais il faut trier et évaluer les renseignements et les données pour déterminer leur utilité au cours de l'analyse de certaines questions canadiennes d'interdépendance. Il faut effectuer un examen, région par région, des données essentielles pour l'analyse du système économico-environnemental au Canada.

7. Des progrès ont été réalisés dans les domaines de l'analyse à objectifs multiples, de l'analyse des conflits et de la résolution négociée des problèmes entre divers groupes d'intérêt dans la société, c'est-à-dire les conflits et la concurrence entre l'environnement et l'économie. Comme il est probable que des lacunes subsisteront dans les données et comme certains des facteurs concernés sont impossibles à quantifier, ces techniques et ces théories peuvent jouer un rôle important dans la résolution future de certains conflits d'utilisation concernant les ressources.

Vous trouverez ci-après une liste récapitulative des recherches à envisager. Il est clair que l'examen que nous venons de terminer ne décrit pas convenablement la situation de toutes les recherches semblables pertinentes effectuées dans tout le Canada. Bien qu'il faille entreprendre en permanence une collecte et une analyse détaillées des données sur un plan régional, nous recommandons également d'y englober dès le départ la coordination entre les efforts de recherche au niveau régional. Il est primordial de s'assurer du bon déroulement d'une telle coordination et de l'intégration de l'analyse régionale.

Récapitulation des besoins futurs de recherche

Il conviendrait d'effectuer un examen des recherches canadiennes en cours dans le domaine des modèles régionaux et multirégionaux concernant l'environnement et l'économie. Cet examen devrait :

a) identifier

— les efforts de modélisation en cours;

— les limites et la durée de ces analyses;

— les types de données et de bases de données disponibles ou en cours d'élaboration;

— les groupes ressources concernés, par ex. universités, instituts, ministères, etc.;

— le niveau d'engagement et d'intérêt des secteurs public et privé dans les diverses régions en vue de créer de meilleurs fondements pour évaluer les relations entre l'environnement et l'économie; et

— le cadre de la politique et les questions ou les obstacles à l'établissement des engagements susmentionnés dans chaque région;

b) achever

— une bibliographie annotée des données et renseignements régionaux ayant trait à la modélisation et à l'analyse de l'interdépendance; et

— une bibliographie annotée des techniques et de la théorie utiles pour l'analyse des liens entre les systèmes économiques et environnementaux;

c) encourager

— le lancement de travaux de recherche multirégionaux coordonnés à long terme engageant tous les paliers de gouvernement intéressés, les institutions et le secteur privé;

— l'élaboration de bases de données économico-environnementales complètes pour chaque région du pays;

— l'utilisation d'une analyse intégrée de la politique économico-environnementale par les responsables des politiques locaux, provinciaux et nationaux; et

— la sensibilisation du public aux importantes relations qui existent entre la qualité de l'environnement et la prospérité économique.

EXAMEN DES APPROCHES ANALYTIQUES

Lors de l'élaboration d'une approche analytique d'évaluation des interdépendances de l'environnement et de l'économie, nous avons passé en revue un certain nombre de techniques. La présente annexe comporte une brève description de chacune d'elles.

Analyse entrées-sorties[1]

L'analyse entrées-sorties se compose de tableaux qui décrivent, pour un certain nombre de secteurs du système économique (par ex. l'agriculture, les industries manufacturières, les services publics, les secteurs des services), les intrants du processus de production pendant une certaine période. Ces intrants sont les intrants primaires (par ex. main-d'oeuvre et capital-actions), les intrants secondaires (biens et services produits par les secteurs susmentionnés) et les importations de biens et services provenant de l'extérieur du système économique. Les tableaux illustrent également les extrants de biens et services produits en utilisant les intrants susmentionnés. Les extrants sont les exportations et les livraisons finales aux ménages, aux entreprises (biens d'équipement) et aux gouvernements. Ces flux sont habituellement exprimés en unités monétaires ($).

Dans un cadre entrées-sorties élargi, on ajoute plusieurs parties aux tableaux fondamentaux des entrées-sorties pour décrire les émissions de divers types de polluants environnementaux provoqués par les activités des divers secteurs économiques. On y décrit également les activités des secteurs qui n'existent que pour réduire la pollution, tandis qu'on y ajoute d'autres éléments pour décrire la pollution et la dépollution.

L'approche n'est cependant pas dénuée de problèmes. En appliquant le cadre susmentionné au système économique américain, Leontief et Ford (1972) ont dû affronter d'énormes difficultés pour obtenir les données concernant les émissions de divers types de polluants provoqués par divers secteurs de l'économie. Les données concernant les secteurs de la dépollution n'étaient pas disponibles du tout.

Bien que l'élargissement d'un cadre entrées-sorties au phénomène environnemental semble simple, il ne résout pas plusieurs problèmes. Certains résultent de l'utilisation de modèles entrées-sorties et d'autres de la modélisation des répercussions environnementales. Voici une liste des limites et des défauts de l'analyse entrées-sorties :

— L'utilisation du modèle entrées-sorties comme fonction de production dans un modèle économique signifie que l'on suppose implicitement que les processus de production de chaque entreprise sont identiques dans chaque industrie.

— On peut négliger la substitution entre les intrants par suite de la dépollution.

— On ne tient pas compte des incidences de la concurrence internationale entre les industries nationales.

— On accorde peu d'attention à d'autres moyens de réduction des émissions de polluants. Par exemple, lorsque l'on reconnaît l'importance de la conservation de l'environnement, de nouvelles versions des biens d'équipement peuvent avoir un profil technique tout à fait différent de celui du stock de capital existant. Ces autres moyens peuvent englober l'utilisation plus efficace des (autres) matières premières et le recyclage des déchets.

— On peut traiter les émissions de polluants de façon conceptuelle comme des secteurs distincts. Dans la réalité, on traite souvent la pollution avec du matériel qui est installé en fin de processus par l'entreprise polluante même.

— On ne tient pas convenablement compte des différences constatées (au niveau des réactions en pourcentage et dans le temps) entre les processus économiques et les processus écologiques, dans lesquels l'économie est enchâssée.

Ces restrictions concernant le recours à l'analyse entrées-sorties ont abouti à d'importantes adaptations. On a élaboré des méthodes destinées à adapter les coefficients entrées-sorties aux circonstances technologiques en évolution (méthodes de programmation linéaire et méthodes quadratiques/des moindres carrés). Toutefois, aucune de ces méthodes ne tient compte du changement technologique sur le plan interne; elles décrivent plutôt le changement technologique uniquement lorsqu'il est intervenu.

Bien que l'analyse entrées-sorties comporte ses inconvénients et ses imperfections théoriques, son utilisation est largement répandue car elle est, au moins, opérationnelle. Au cours de la dernière décennie, les modèles entrées-sorties sont devenus partie intégrante de nombreuses études économico-environnementales. Polenske (1976), Muller (1980) et d'autres ont accordé une attention particulière aux problèmes énergétiques dans l'analyse entrées-sorties. Nijkamp et Paelinck (1976),

[1] Adaptation d'après Hafkamp (1984).

Coupe (1977) et Muller (1980) ont construit des modèles économico-environnementaux fondés sur un cadre entrées-sorties. Den Hartog et Houweling (1974) se sont servis d'un modèle économico-environnemental entrées-sorties pour étudier les incidences de la dépollution sur les prix. Ce modèle a abouti à des études générales des conséquences macro-économiques de la politique environnementale.

Cumberland et Stram (1974) fournissent un bon exemple de la mise au point de la méthode initiale d'élargissement des modèles entrées-sorties (proposée par Leontief et Ford, 1972). Cumberland et Stram évitent les problèmes qui surgissent à propos de la modélisation stricte et isolée des entrées-sorties en rattachant le modèle (avec des secteurs énergétiques distincts) à un cadre économico-environnemental plus large. Cette approche analytique est illustrée à la figure 6.

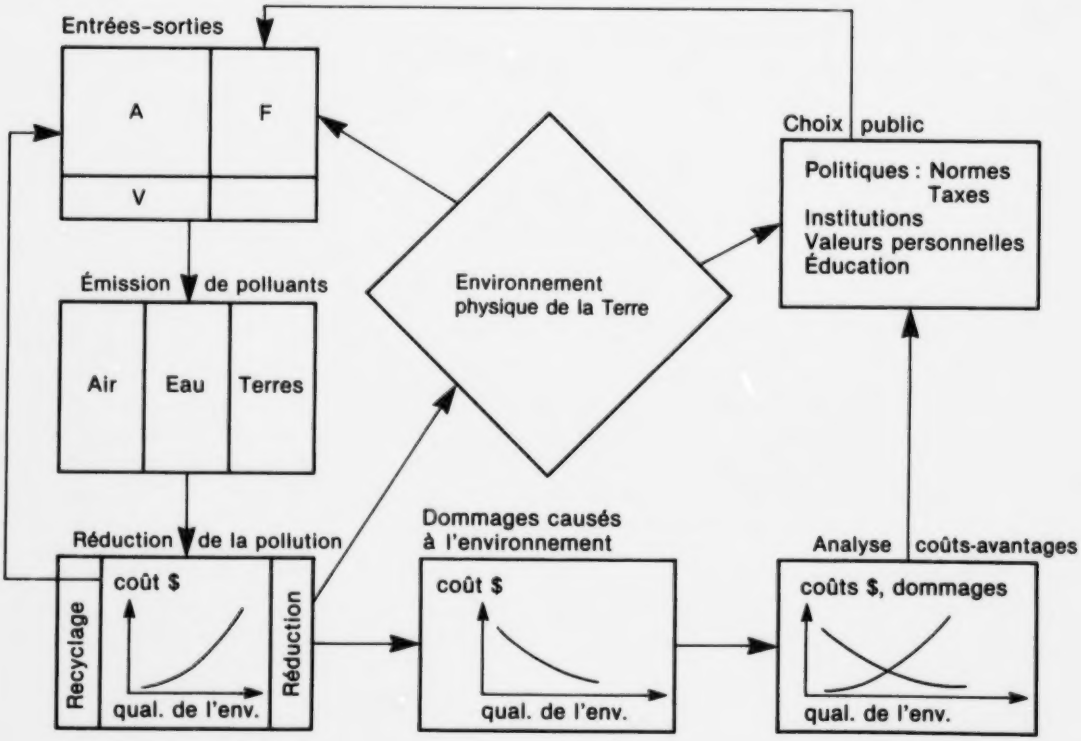


FIGURE 6
Analyse entrées-sorties faisant partie intégrante d'un modèle économie-environnement

Modèles de la balance des matériaux et matières et des systèmes écologiques

Tandis que les modèles entrées-sorties décrivent les flux de biens et services en termes économiques, les modèles de la balance des matériaux et matières s'appuient sur la même idée fondamentale mais décrivent les flux et les stocks d'énergie et de matières d'un point de vue écologique. La figure 7 présente une description simplifiée de ce modèle.

On peut construire les modèles de la balance des matériaux et matières sur n'importe quelle échelle spatiale (un immeuble à bureaux, une région, un pays, etc.). Ce type de modèle est donc très utile dans la modélisation économico-environnementale multirégionale.

Le modèle de la balance des matériaux et matières comporte toutefois plusieurs limites :

— Pour certains composés chimiques toxiques, le principal problème ne réside pas simplement dans l'existence de déchets. Les conditions dans lesquelles les déchets sont déversés dans l'environnement ainsi que le processus de dispersion des substances résiduaires, peuvent s'avérer beaucoup plus importantes. En outre, des quantités insignifiantes de déchets toxiques peuvent avoir des incidences très importantes.

— La pertinence de l'analyse des incidences environnementales et de l'influence sur les processus écologiques est limitée. Le modèle décrit surtout les activités humaines qui impliquent l'utilisation et l'élimination de matières et d'énergie.

— La description des processus économiques en termes de balance des matériaux et matières (généralement quantifiés en volume ou en poids) pourrait se révéler très délicate lorsqu'elle entraîne, par exemple, la fixation de taux d'intérêt en dollars ($) ou la description de processus particuliers.

On peut trouver dans la représentation statistique des flux de l'énergie en Hollande une application récente de la méthode de la balance des matériaux et matières. Le Bureau central des statistiques de Hollande a utilisé le concept de la balance de l'énergie à cette fin (Van Strien, 1980).

Les modèles de l'analyse entrées-sorties et de la balance des matériaux et matières constituent des instruments importants pour l'analyse économico-environnementale. Ces deux types de modèles sont supplémentaires (fonctionnalité, globalité) et parfois complémentaires (flux monétaires, flux de matières). Leurs avantages respectifs ne se compensent pas l'un l'autre. Les deux approches fournissent des modèles partiels de la réalité économico-environnementale.

Analyse intégrée des incidences environnementales[2]

Les analyses intégrées des incidences environnementales exigent de préciser suffisamment en détail les interdépendances et les liens entre les diverses composantes du système. Parmi les conditions préalables à une analyse intégrée économico-environnementale satisfaisante, citons les suivantes :

— L'analyse devrait comporter un degré de variation et de désagrégation permettant d'observer les différences entre les sous-systèmes.

— Les interactions à l'intérieur des sous-systèmes et entre eux devraient décrire les liens de façon satisfaisante.

— Une application opérationnelle réelle de l'approche analytique devrait être possible à l'aide de mesures quantitatives ou qualitatives.

2 Adaptation d'après Nijkamp (1980), pp. 11-12.

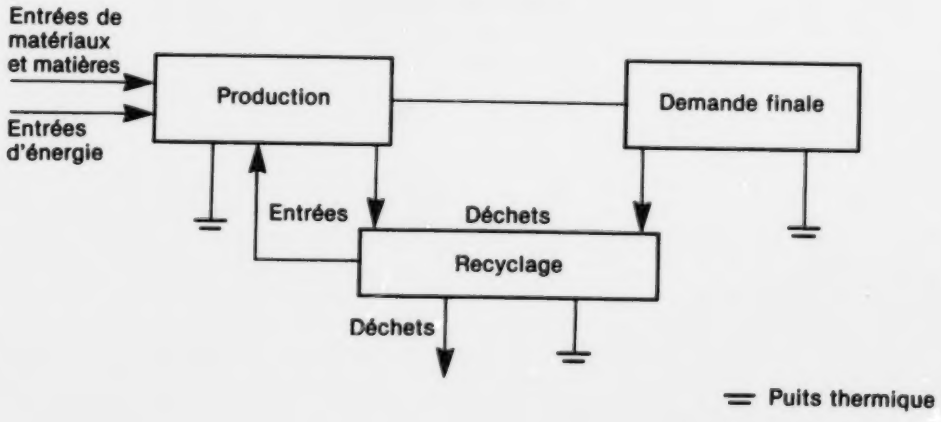


FIGURE 7
Structure d'un modèle de balance des matériaux et matières

— L'analyse devrait fournir des renseignements suffisants et pertinents pour un décisionnaire qui doit juger diverses politiques possibles.

Dans la pratique, deux problèmes entravent souvent une intégration directe des variables économiques et environnementales :

— L'échelle spatiale de nombreuses variables écologiques est souvent très petite, par ex. des mètres carrés, tandis que l'échelle de nombreuses variables économiques est grande, par ex. un pays. Cette différence d'échelle signifie qu'on ne peut pas toujours intégrer directement à l'analyse économique traditionnelle les données de recherche sur l'écologie ou la biologie à orientation micro-économique.

— Les échéances des diverses disciplines varient. Les analyses écologiques se déroulent sur de longues périodes, parfois des décennies, alors que les analyses économiques ont tendance à mettre l'accent sur les incidences à court terme (mois) ou à moyen terme (années). Cette différence dans le temps constitue un problème lorsque l'on essaye d'intégrer des composantes environnementales et économiques.

Modélisation intégrée de l'environnement[3]

Le concept des modèles environnementaux intégrés constitue une approche assez nouvelle dans le domaine de l'économie environnementale. Ces modèles cherchent à englober la grande diversité des phénomènes du monde réel, y compris les interdépendances de ces phénomènes. Ce qui va suivre n'est qu'une liste partielle des nombreux éléments qui peuvent jouer un rôle dans les modèles environnementaux intégrés.

— *Incidences environnementales :* les flux de polluants dans l'air et dans l'eau, les déchets solides et les déchets toxiques;

— *Systèmes écologiques :* les écosystèmes terrestres et marins, les chaînes alimentaires, les cycles des éléments nutritifs, etc.;

Gestion des ressources : l'extraction, le transport et le traitement du charbon, du pétrole, du gaz et des minerais; la fixation et la répartition des quotas de pêche; et la sylviculture;

— *Systèmes économiques :* les systèmes économiques locaux, régionaux et nationaux; les entreprises, les usines et les systèmes économiques urbains;

— *Systèmes sociaux et politiques :* les profils d'emploi et les systèmes publics de prise de décisions;

— *Systèmes de transport :* ces systèmes à titre de composantes des systèmes économiques et spatiaux;

— *Développements démographiques :* la dynamique des populations et les profils éducatifs.

On peut construire des modèles environnementaux intégrés à des fins aussi variées que :

— *la gestion globale des ressources :* de tels modèles sont actuellement en cours d'élaboration par Isard et autres, 1981 (voir également Forrester, 1971; Meadows et Meadows, 1972; et autres);

— *la planification nationale de l'énergie :* (voir House, 1980; Driehuis, Van den Noord et Van Ierland, 1983; et autres);

— *la planification de l'utilisation des terres :* (voir Arntzen, Braat, 1982); et

— *la planification régionale et la planification des réseaux de transport.*

Les fins pour lesquelles les modèles environnementaux intégrés sont construits varient énormément, ainsi que les processus écologiques, économiques et autres qui se retrouvent dans ces modèles. Il n'est donc pas surprenant qu'il n'existe pas de cadre unique généralement accepté pour ces modèles. Diverses tentatives ont été effectuées à cet effet et l'une d'elles est abordée ci-après.

Structure intégrée pour les interactions économico-environnementales[4]

Le système est subdivisé en trois sous-systèmes : un sous-système socio-économique (E), un sous-système environnemental (M) et un sous-système géographico-démographique (G). Dans le cadre de l'analyse environnementale, le sous-système environnemental joue un rôle clé.

Le sous-système environnemental comporte deux parties : une première qui représente les indicateurs généraux de qualité d'un écosystème, comme la stabilité écologique, etc., et une deuxième qui représente les conséquences environnementales directes des activités humaines, comme les répercussions sur la diversité d'un écosystème.

La figure 8 illustre une représentation simplifiée d'un système économico-environnemental intégré. Il est clair que l'on peut également distinguer des intrarelations (au sein de chaque sous-système) et des interrelations (entre les sous-systèmes). Il convient de faire remarquer que l'élément spatial peut jouer un double rôle à la figure 8, à titre de véhicule permettant de lier ensemble les sous-systèmes et à titre d'emplacement géographique de toutes les activités exécutées dans le système, par ex. l'utilisation des terres.

[3] Hafkamp (1984), pp. 25-30.
[4] Adaptation d'après Nijkamp (1980), pp. 12-13.

Le choix des variables des systèmes E, G et M est une question qui est déterminée par le but de l'analyse, par exemple une description structurelle, une analyse intégrée des incidences, une prédiction détaillée ou une estimation des conséquences des scénarios concernant les politiques. En règle générale, on devrait cependant s'efforcer de maintenir le plus petit nombre possible de variables et de relations.

On peut également incorporer les composantes de chaque sous-système dans un profil ou vecteur à plusieurs dimensions. En règle générale, les sous- systèmes E, G et M comporteront respectivement les composantes suivantes (fonctions, indicateurs de qualité, indicateurs de situation, etc.) :

Sous-système E

- production (divisée entre les secteurs);
- investissements (y compris les investissements pour la dépollution);
- offre et demande de main-d'oeuvre par catégorie;
- valeur ajoutée et profil de dépenses (y compris la répartition du revenu, etc.).

Sous-système G

- structure démographique;
- déménagements et navettage;
- densité démographique et taux d'urbanisation;
- réaction;
- installations urbaines;
- congestion;
- etc.

Sous-système M

On peut diviser le sous-système M en une sous-composante C et une sous-composante I :

Sous-composante C

- zones naturelles;
- types de faune et de flore et leur qualité;
- indicateurs de la qualité écologique (diversité, stabilité, etc.); et
- indicateurs descriptifs de diverses structures du paysage.

Sous-composante I

- pollution de l'air, de l'eau et du sol;
- désagrément causé par le bruit;
- extraction des matières premières; et
- utilisation des terres.

Les trois profils susmentionnés constituent la structure de base d'une analyse économico-environnementale intégrée. Il est vrai que l'on pourrait y ajouter un sous-système social mais on ne ferait que compliquer le système. En outre, la possibilité de rendre opérationnel le profil d'un tel sous-système est limitée. En plus de la première étape de cette analyse intégrée, à savoir l'identification de toutes les composantes du système, il faut préciser les diverses relations qui existent entre les éléments, qu'il s'agisse des intrarelations ou des interrelations. Une première étape peut donc consister à construire la matrice des relations entre E, G et M. Cette matrice : 1) servira à mentionner l'existence de relations; 2) servira de matrice directionnelle pour mentionner les directions de l'influence (dans un sens positif ou négatif); 3) servira de matrice structurelle qualitative pour indiquer l'ordre de grandeur des diverses relations, par ex. au moyen de nombres ordinaux; et 4) servira de matrice structurelle quantitative pour mentionner les répercussions de toutes les variables du système.

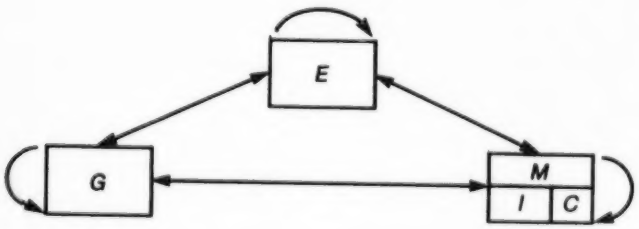


FIGURE 8
Diagramme d'un système économico-environnemental intégré simple

On commence généralement par la première étape et on essaye ensuite d'atteindre l'étape finale au cours d'une série d'expériences. Les renseignements quantitatifs (cardinaux) ne sont pas toujours nécessaires pour tirer des conclusions fiables concernant certains aspects de l'analyse ou de la politique. On peut également illustrer les divers liens d'un modèle économico-environnemental intégré au moyen d'un diagramme d'interaction pour les intrarelations et les interrelations au sein du système (figure 9). Les flèches représentent les principales directions entre les sous-systèmes et les sous-composantes.

La figure 9 démontre assez clairement que l'un des problèmes cruciaux d'une analyse intégrée réside dans le calcul précis des incidences des activités humaines des profils E et G sur les éléments du profil M (à la fois sur les sous-profils I et C). Ce problème de l'évaluation des incidences environnementales a fait l'objet de nombreuses recherches.

Analyse coûts-avantages[5]

L'évaluation environnementale vise à estimer la valeur (sociale et économique) des changements intervenus dans la quantité et la qualité des produits de l'environnement de façon à fournir un instrument de calcul du compromis entre les diverses possibilités avec des incidences économiques et environnementales différentes. Il est évident que, dans le cadre d'une analyse néo-classique, l'évaluation des produits de l'environnement doit être fondée sur les prix du marché. Lorsqu'il n'existe pas de prix du marché pour des produits de l'environnement, il faut calculer des prix artificiels, par exemple des prix fictifs, afin d'obtenir un résultat opérationnel pour l'analyse néo-classique. L'analyse coûts-avantages peut être considérée comme l'instrument néo-classique par excellence pour évaluer les produits de l'environnement.

L'analyse coûts-avantages va un peu plus loin qu'une analyse des incidences environnementales car elle attribue une valeur (un prix) à toutes les évaluations des incidences. Voici une liste de certains défauts de l'analyse coûts-avantages.

— L'analyse coûts-avantages n'est qu'un critère d'efficacité et néglige habituellement les critères d'égalité.

— Elle est fondée sur un mélange de divers coûts, par exemple des coûts réels, des coûts artificiels et des coûts fictifs.

— Elle est fondée en partie sur des prix fictifs qui sont ambigus car ils dépendent du critère de bien-être social disponible.

— Dans une analyse coûts-avantages, il est difficile d'incorporer les incertitudes, les risques et les incidences temporelles.

— Dans une analyse coûts-avantages traditionnelle, il est très difficile d'incorporer les impondérables d'une façon significative.

Il convient d'ajouter que plusieurs des problèmes susmentionnés sont valables pour toute évaluation mais la dernière raison (la difficulté d'incorporer les impondérables) rend l'analyse coûts-avantages particulièrement inappropriée comme instrument opérationnel pour les produits de l'environnement. Même des méthodes ajustées, comme l'analyse coût-efficacité, ne peuvent surmonter cette difficulté particulière.

Plusieurs autres méthodes d'évaluation ont été mises au point dans le domaine de l'écologie, par exemple la méthode de l'évaluation fonctionnelle, la méthode de la qualité écologique et la méthode de l'évaluation énergétique (voir Nijkamp, 1977).

La méthode de l'évaluation fonctionnelle cherche à mesurer toutes les fonctions écologiques et économiques des produits de l'environnement en termes quantitatifs et ensuite à regrouper tous les renseignements avec un indicateur environnemental fonctionnel. Normalement, cette agrégation comporte cependant de nombreux choix arbitraires.

La méthode de la qualité écologique cherche à décrire les biens environnementaux à l'aide d'indicateurs de qualité quantitatifs (par ex. la quantité de zone naturelle et la diversité). Ces indicateurs de qualité peuvent servir d'intrant pour une analyse à critères multiples.

La méthode de l'évaluation énergétique tente d'évaluer la valeur monétaire des biens environnementaux en se basant sur le transfert et la production d'énergie dans un écosystème (par l'intermédiaire du prix national moyen de l'énergie). Cette méthode est trop arbitraire pour constituer une technique fiable.

D'après ce bref examen des méthodes d'évaluation de l'environnement, on peut conclure que plusieurs méthodes élaborées et employées jusqu'à présent ne peuvent être considérées comme des techniques d'évaluation satisfaisantes pour faire une analyse des politiques environnementales opérationnelles. Il est difficile d'incorporer les incidences impondérables et non mesurables dans toutes ces méthodes et il est juste de conclure que toute tentative de transformation d'incidences hétérogènes sans prix en une seule dimension, par ex. une valeur quantifiée, sera vouée à l'échec.

Cette conclusion a conduit les chercheurs à s'efforcer de trouver des approches plus diversifiées et multidimensionnelles à l'analyse économico-environnementale et à l'évaluation des incidences.

Modèles multirégionaux économie-environnement[6]

Dans la modélisation économico-environnementale, la construction de modèles multirégionaux et nationaux-régionaux constitue une tendance assez récente. En 1981, l'Institut international pour l'analyse des systèmes de haut niveau de Laxenburg (Autriche) et le département d'économie régionale de l'Université libre d'Amsterdam ont réalisé une enquête mondiale sur les modèles économiques multirégionaux (voir Issaev, Nijkamp, Rietveld et Snickars, 1982). L'enquête, qui a porté sur environ 200 modèles économiques multirégionaux,

[5] Adaptation d'après Nijkamp (1980), pp. 17-18.
[6] Adaptation d'après Hafkamp (1984), pp. 30-36.

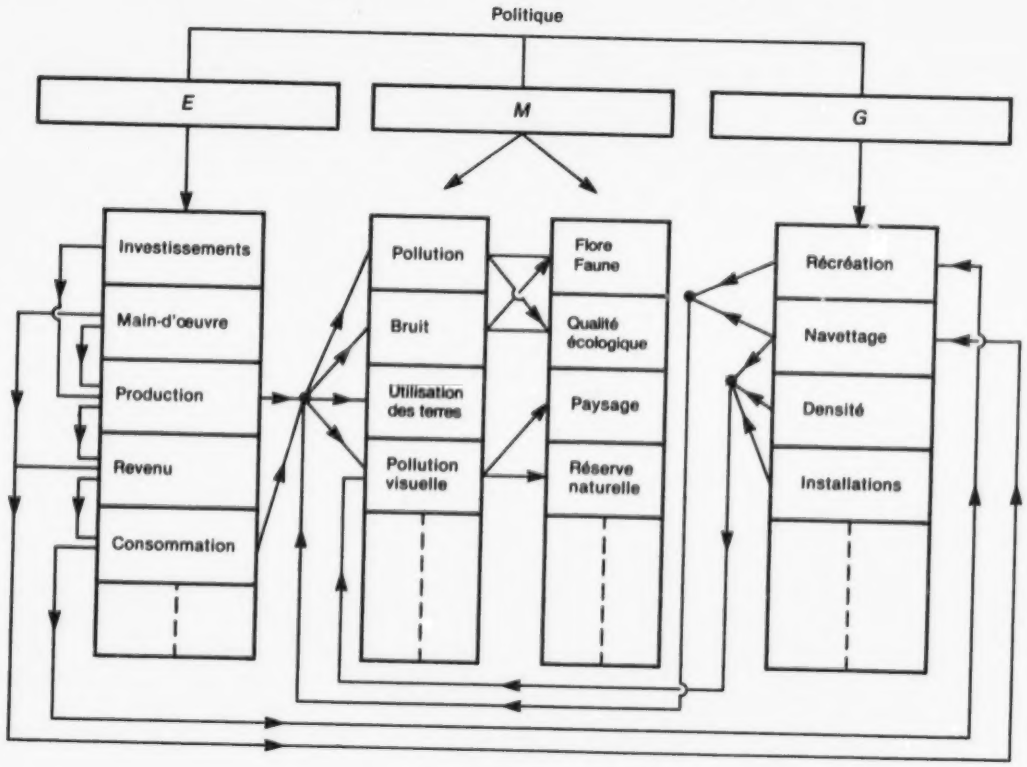


FIGURE 9
Diagramme des interactions dans un modèle économico-environnemental intégré

a démontré que 50 modèles étaient opérationnels à l'époque. Sur ces 50 modèles, trois seulement étaient des modèles économico-environnementaux, incluant l'analyse du problème de l'énergie.

Modèle multirégional économie-environnement-demande d'énergie (MEEDE).

Le modèle MEEDE vise à déterminer les conséquences économiques, environnementales et énergétiques de diverses politiques nationales et régionales pour les États-Unis (voir Lakshmanan, 1979). Le modèle MEEDE distingue 50 régions à l'intérieur du système spatial, tandis que la production de biens et services dans ces régions est modélisée en 53 secteurs. Illustré à la figure 10, ce modèle comporte environ 880 variables endogènes par région.

La figure 11 donne une description du modèle MEEDE. Il sert à évaluer les incidences régionales et nationales (conjointement avec d'autres modèles) d'un large éventail de politiques gouvernementales. Ce modèle analyse également l'emplacement industriel à l'intérieur d'un système multirégional.

Modèle interrégional de politique pour les interactions entre l'économie, l'environnement et la demande d'énergie (MIEEDE). Le modèle MIEEDE a pour but d'étudier les interactions entre l'énergie, l'environnement et l'économie en général (voir Lesuis, Muller et Nijkamp, 1983). Il s'agit d'un modèle birégional hollandais qui modélise la production des biens et services dans 11 secteurs. Ce modèle comporte environ 100 variables que l'on peut regrouper comme à la figure 12.

Le MIEEDE utilise comme fonction de production un modèle entrées-sorties élargi. Il suppose des coefficients techniques fixes pour les facteurs de production, la main-d'oeuvre et l'énergie. Ce modèle tient compte des changements de prix à l'aide d'une technique particulière appelée en anglais «translog price possibility frontiers».

Les modèles MEEDE et MIEEDE sont actuellement des modèles opérationnels. Il a fallu beaucoup de temps pour les mettre au point, de deux ans à plus de cinq ans. Un certain nombre de modèles de ce type sont en cours de planification ou de construction.

Modèle multirégional intégré des États-Unis (MRI — É.-U.). Isard et autres sont en train de mettre au point une méthode prometteuse de modélisation multirégionale économie-environnement. En 1981, Isard a commencé à travailler sur un modèle multirégional des États-Unis en assemblant un certain nombre de modèles spatiaux existants, chacun se concentrant sur des aspects précis du système multirégional avec de nombreux chevauchements entre les divers modèles assemblés. La plupart des modèles qui constituaient le modèle multirégional intégré des États-Unis avaient été mis au point au cours des années précédentes par des chercheurs de diverses universités. En 1981, Isard, Boyce, Lakshmanan, Klein et Caldwell *ont été les premiers à parler* de sa structure et de sa conception. Les modèles constitutifs sont les suivants :

— *NATLEC :* modèle économétrique national utilisé pour décrire les variations au niveau national d'un certain nombre de variables économiques, comme les prix, la demande finale, etc.

— *MULTIPOL :* modèle utilisant les procédés de gestion des conflits pour décrire les décisions de politiques qui constituent des intrants fondamentaux dans d'autres modèles — dépenses publiques et projets de mise en valeur de l'énergie.

— *CICIOP :* ce modèle, mis au point par Isard, utilise la théorie de l'emplacement (coût comparatif) et l'analyse du complexe industriel pour évaluer les profils de production optimale.

— *FACTIN :* modèle mis au point par Lakshamanan et qui détermine la demande des facteurs (capital, main-d'oeuvre, énergie et matières) et les investissements régionaux par secteur.

— *REGLEC :* ce modèle mis au point par Klein sert à projeter les variables de l'emploi (offre et demande de main-d'oeuvre, chômage) et les taux de salaire.

— *DEMO :* ce modèle mis au point par Caldwell est un modèle de microsimulation du secteur des ménages qui décrit le comportement en matière de dépenses.

— *TRANS :* modèle de transport interrégional construit par Boyce.

La figure 13 permet de visualiser les interrelations envisagées entre les sous-modèles de ce modèle multirégional intégré.

Projection à plans multiples (PPM) : Nouvelle méthode de modélisation économico-environnementale[7]

Lors de la recherche d'un type convenable de modèle pour la modélisation économico-environnementale intégrée spatiale, nous avons examiné un certain nombre de possibilités :

Les modèles économiques traditionnels qui ont été élargis en y ajoutant des variables concernant l'énergie et l'environnement. Ce type de modèle présente l'inconvénient particulier d'être surtout orienté vers l'explication économique, tandis que les dimensions spatiales et temporelles peuvent entraver la modélisation des changements environnementaux et des phénomènes écologiques.

[7] Adaptation d'après Hafkamp (1984), pp. 67-77.

Type de variable	Nationale	Régionale
Économique	Impôts, amortissement, taux d'intérêt, investissements	Production sectorielle, capital-actions, prix des combustibles
Emploi	Emploi	Demande de main-d'œuvre
Environnement		Demande d'énergie, nombre de jours de chauffage

FIGURE 10
Variables du modèle MEEDE

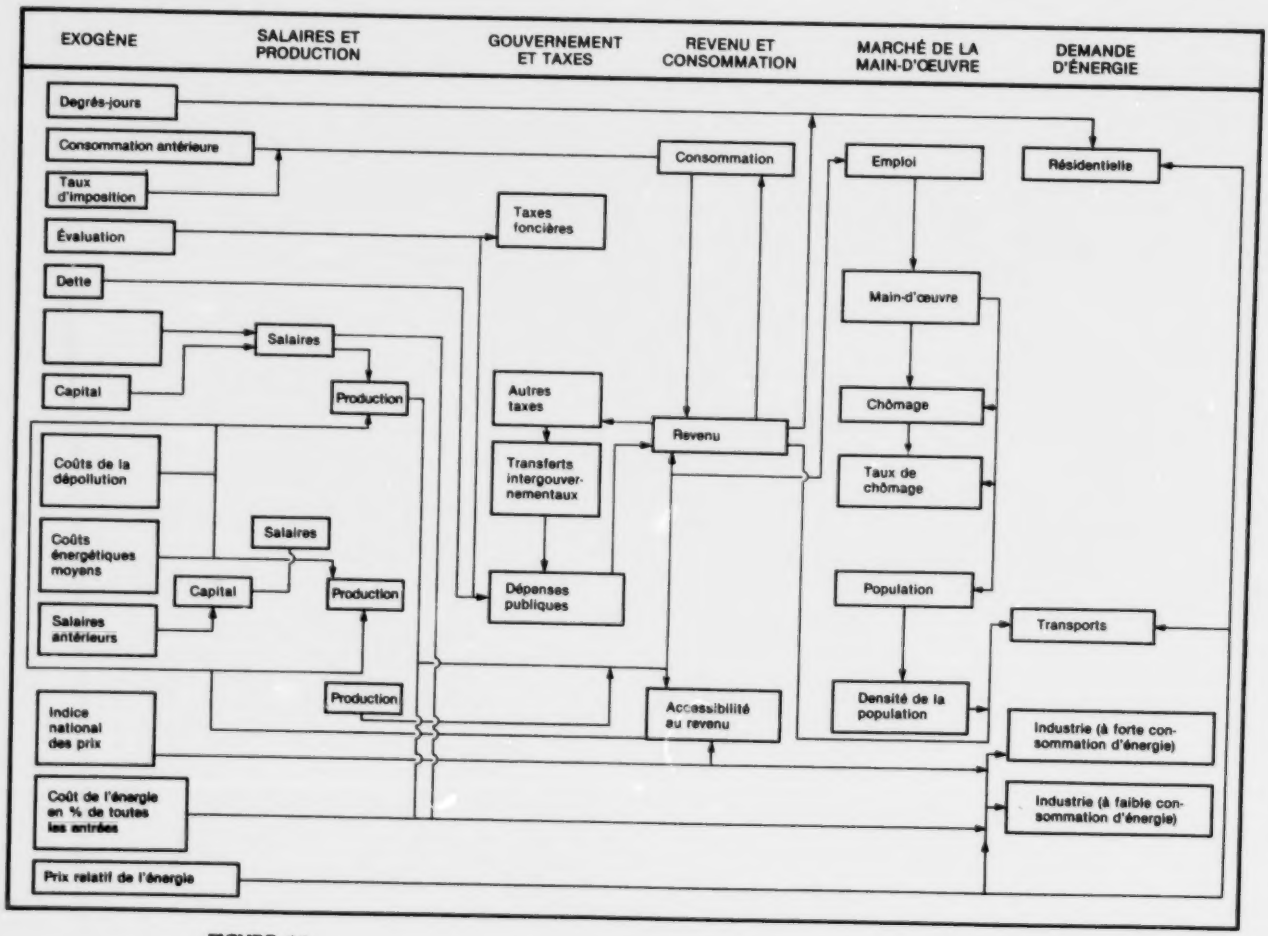


FIGURE 11
Structure d'un modèle multirégional économie-environnement-demande d'énergie

Type de variable	Nationale	Régionale
Économique		Exportations, production
Emploi		Emploi
Environnement		Pollution, demande énergétique

FIGURE 12
Variables du MIEEDE

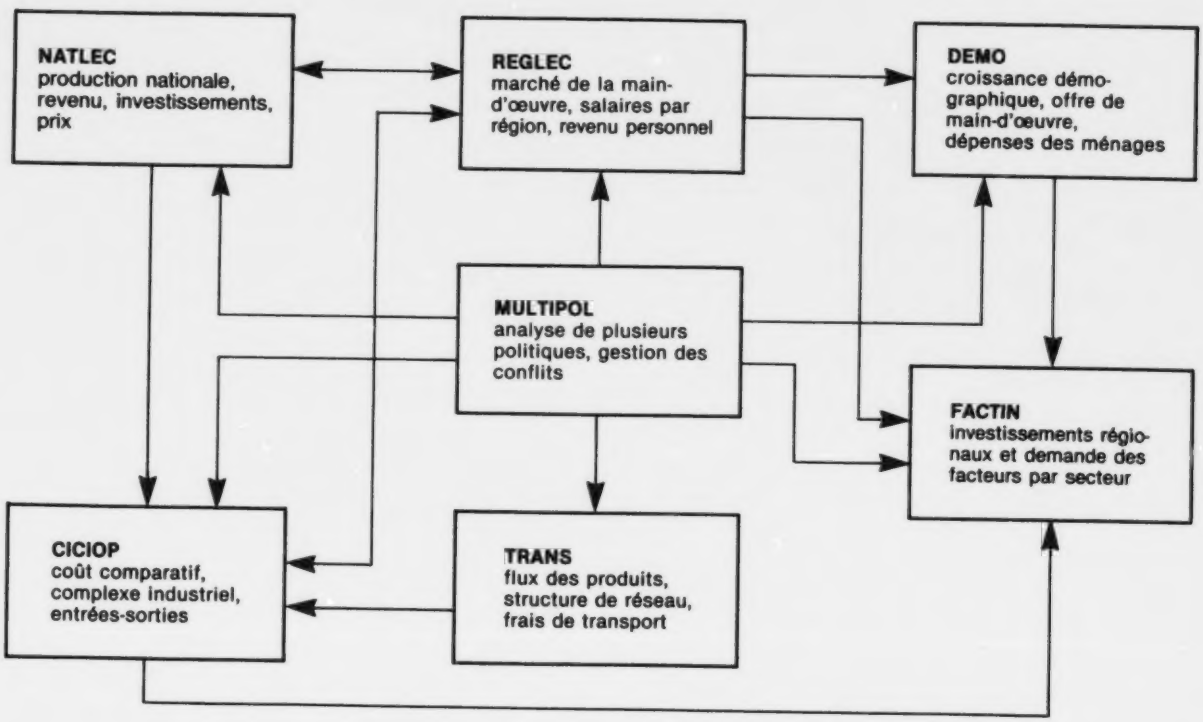


FIGURE 13
Modèle multirégional intégré des États-Unis

Les modèles de la balance des matériaux et matières conviennent surtout pour la modélisation des flux physiques de matières, d'énergie, de produits, de déchets, etc., mais conviennent moins pour décrire les processus de choix et les interactions économiques entre les gens, les entreprises, les organismes, les gouvernements, etc.

Les modèles intégrés entrées-sorties qui sont des modèles économiques entrées-sorties élargis avec des variables environnementales. Ils décrivent en détail l'origine et la destination des flux de biens et services, en plus de décrire les flux d'énergie et les flux de déchets. Ces modèles présentent les mêmes inconvénients que les modèles de la balance des matériaux et matières.

Les modèles économiques et les modèles de la balance des matériaux et matières projettent tous deux une image réduite de processus qui se déroulent dans la réalité et fournissent tous deux une image de relations entre les gens, les entreprises, etc. La figure 14 illustre un modèle économique qui mentionne surtout les flux monétaires qui existent dans un système économique en contrepartie des flux de biens physiques et de services. La figure 15 présente un modèle environnemental simple qui présente les flux physiques de biens et d'énergie. Certaines catégories, comme la consommation et la production, figurent dans les deux types de modèles; d'autres, comme les paiements de transfert du revenu accordés aux ménages par le gouvernement, appartiennent généralement à un type précis de modèle.

Les deux types de modèles reflètent les interactions entre des acteurs identiques (entreprises, consommateurs, etc.) dans le même système spatial, tout en supposant des relations spatiales différentes, une dynamique différente et des dimensions différentes. La projection d'ensembles de ces sous-modèles sur un certain nombre de plans parallèles (selon les hypothèses de temps et d'espace) crée ce que Hafkamp (1984) a appelé une «projection à plans multiples». Si l'on veut concevoir la réalité comme un système économique et un système environnemental, les modèles des deux types devraient être reliés, tout en restant distincts, devenant ainsi des sous-modèles d'un modèle à plans multiples. C'est ce que la figure 16 illustre de façon schématique.

Le principe de la projection à plans multiples convient, selon Hafkamp, pour la modélisation intégrée aux niveaux intermédiaire et micro-géographique. La modélisation des centrales électriques constitue un bon exemple. Les représentations simplifiées de modèles de centrales électriques peuvent servir d'illustration. Si l'on réalise la modélisation en termes purement économiques, comme le montre la figure 17, l'analyse met l'accent sur les facteurs économiques comme l'investissement, l'intérêt, le coût du combustible, les frais d'exploitation, le volume de production, etc.

On peut construire un modèle économique comme celui qui est illustré à la figure 17 pour toute centrale électrique, qu'il s'agisse de combustibles fossiles ou nucléaires, de rayons solaires, de la force éolienne ou d'autres intrants utilisés pour produire de l'électricité. Un problème particulier inhérent à ce type de modélisation est la conversion des valeurs de l'énergie (mesurées en joules par exemple) en valeurs monétaires. Les prix des combustibles dépendent énormément de la situation passagère des fournisseurs et des acheteurs sur les marchés des combustibles. Les prix des combustibles ne peuvent donc pas constituer une mesure convenable pour évaluer l'efficacité de centrales électriques.

Pour modéliser la production d'électricité, une autre méthode consiste à construire un modèle uniquement en termes énergétiques, c'est-à-dire un modèle qui évalue l'efficacité énergétique de centrales électriques. Cette approche compte un argument en sa faveur, à savoir que les prix des sources d'énergie sont le reflet à long terme de leur teneur en énergie. La figure 18 présente un exemple simple d'un tel modèle.

Lors de la construction de modèles de la balance de l'énergie, comme à la figure 18, un problème important découle du fait que beaucoup de catégories de frais financiers, comme les investissements dans la construction, les versements d'intérêts, etc., sont transformées en valeurs énergétiques.

Puisque les deux approches de modélisation présentent des inconvénients sérieux, il pourrait s'avérer utile d'appliquer une projection à plans multiples à ce problème de modélisation. La projection d'une même et unique réalité sur deux plans parallèles (un plan économique et un plan énergétique) fait que les modèles de la balance de l'économie et de l'énergie deviennent des sous-modèles d'un modèle économico-énergétique intégré. C'est le diagramme qui est illustré à la figure 19.

Dans les deux exemples de projection à plans multiples dont nous venons de parler, nous avons utilisé deux plans pour modéliser la réalité selon ses dimensions économiques et physiques (matière et énergie). Il ne faut pas forcément limiter la modélisation à ces deux plans. Par exemple, dans un système spatial, on peut introduire un troisième plan conçu spécialement pour modéliser l'emploi et les aspects démographiques et socio-politiques de la réalité.

On peut également faire la distinction entre les relations interplans que l'on ne peut décrire dans un seul plan. Par exemple, on peut refléter, au moyen d'une relation interplans, l'influence de la pollution environnementale (présentée dans le plan environnemental) sur le processus de consommation (présenté dans le plan économique).

Modèle à trois plans : Version simple

Les modèles économico-environnementaux spatiaux intégrés sont très complexes. L'illustration du modèle simple fournit une esquisse grossière de la portée et de la structure de l'analyse et de l'application du principe de la projection à plans multiples.

Le modèle permet l'analyse simultanée des incidences des politiques économiques, environnementales et d'emploi sur la situation économique et la qualité de l'environnement dans un système spatial. Ce modèle a été appliqué en Hollande. Il a pour but de simuler les incidences environnementales et économiques de diverses politiques et mesures adoptées par le gouvernement, les partis politiques, les groupes d'intérêt, l'industrie, etc.

Bien qu'il existe plusieurs foyers possibles d'analyse, trois sont représentés :

— la croissance économique;

— l'emploi; et

— la qualité de l'environnement.

Chacun de ces intérêts est associé à un plan de la projection à plans multiples comme l'illustre la figure 20.

Dans l'analyse, l'élément spatial est très préoccupant car on rencontre une difficulté analytique à ce point. Les incidences économiques sont plus faciles à mesurer au niveau national. La désagrégation en régions est possible mais elle est souvent délicate en raison des problèmes de données. Ces problèmes ne s'appliquent pas aux phénomènes environnementaux tels l'émission et la dispersion des polluants. Il conviendrait d'effectuer une analyse environnementale à un niveau local en vue d'obtenir des résultats significatifs sur, par exemple, la qualité de l'air ou de l'eau souterraine. En ce qui concerne l'analyse effectuée en Hollande, on a choisi une échelle régionale comme compromis entre ces deux exigences divergentes concernant l'échelle spatiale.

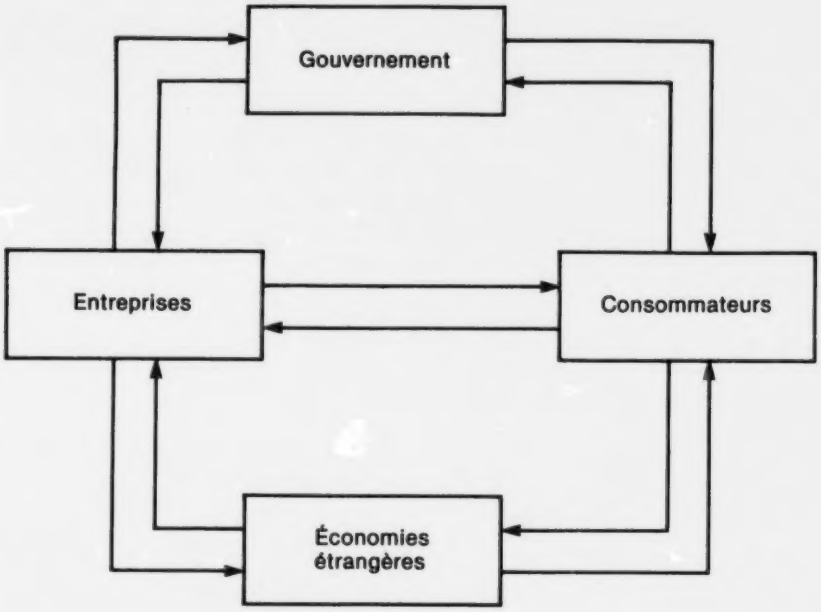


FIGURE 14
Représentation fondamentale d'un système économique

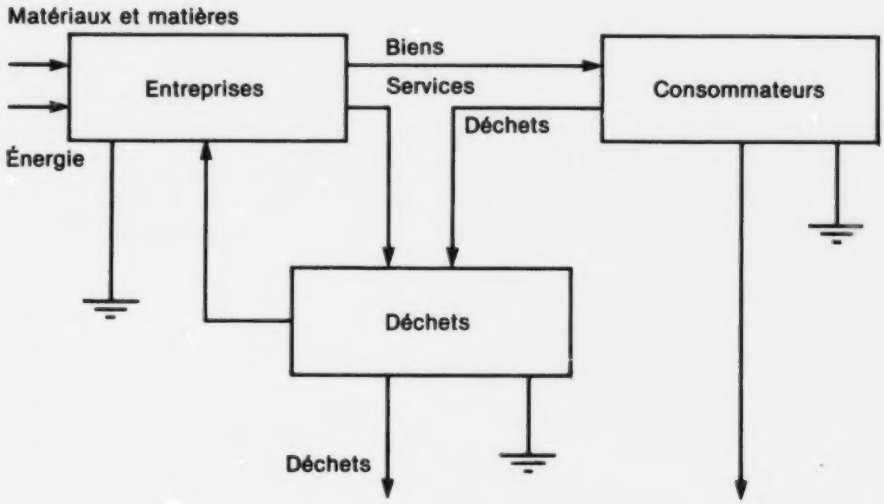


FIGURE 15
Représentation fondamentale d'un système environnemental

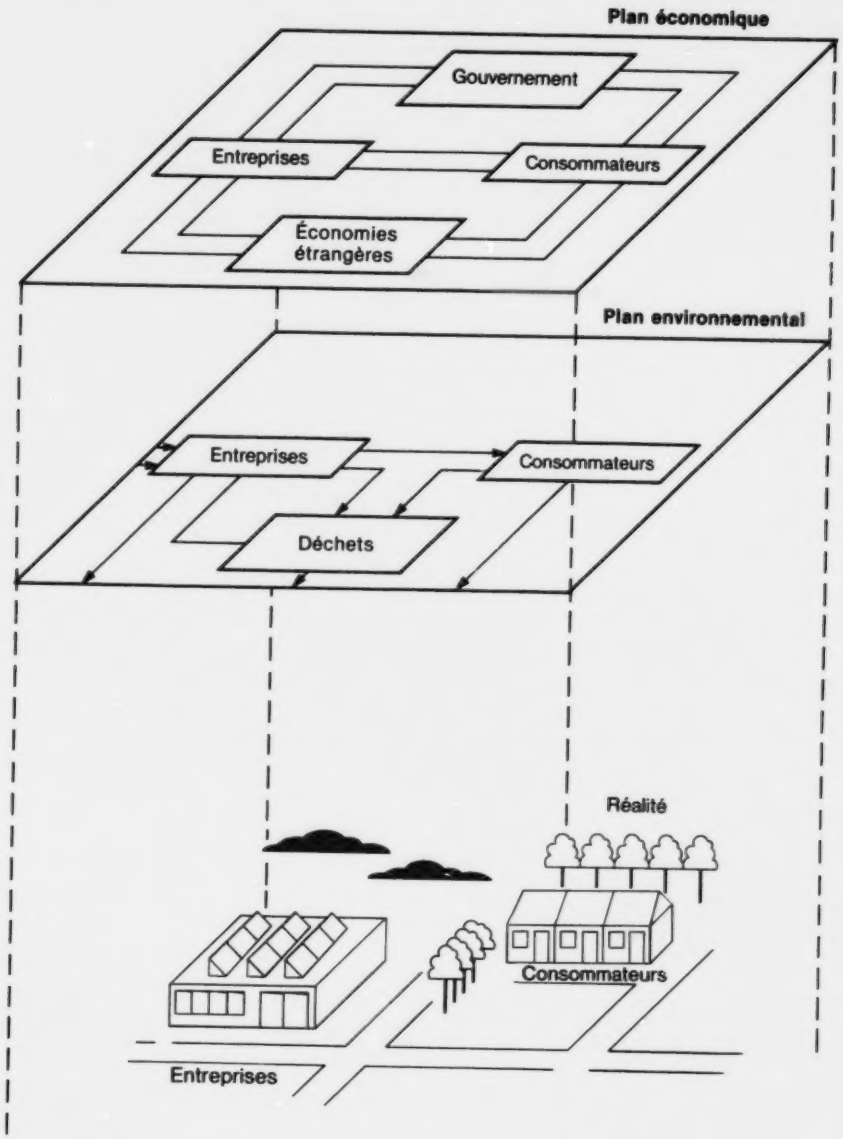


FIGURE 16
Modèle économico-environnemental d'un système spatial résultant d'une projection à plusieurs plans
(tiré de Hafkamp, 1984)

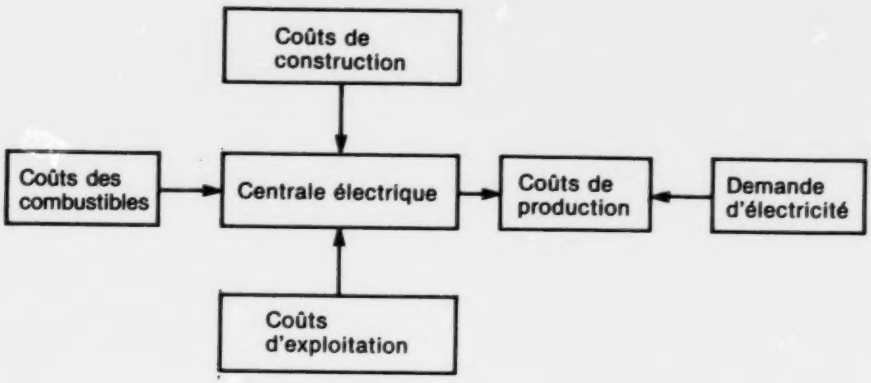


FIGURE 17
Modèle économique d'une centrale électrique

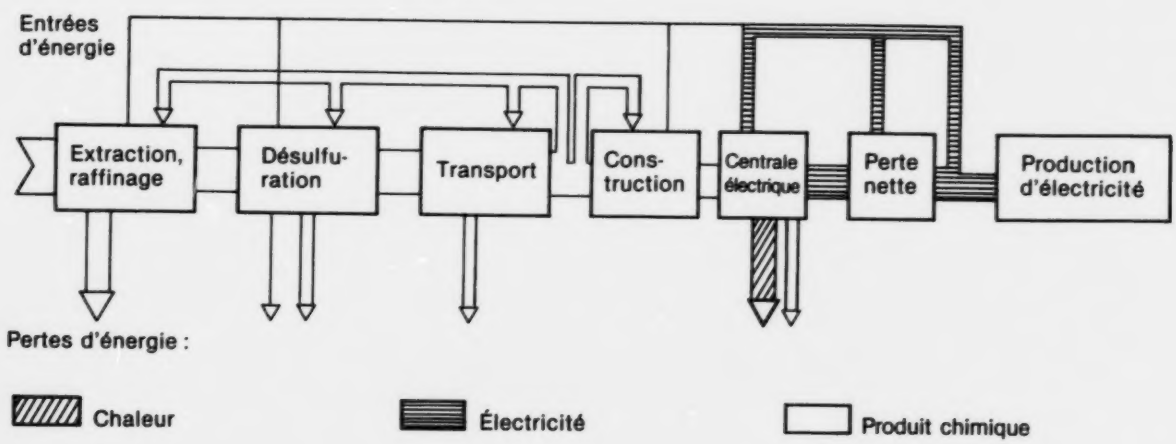


FIGURE 18
Balance de l'énergie d'une centrale électrique

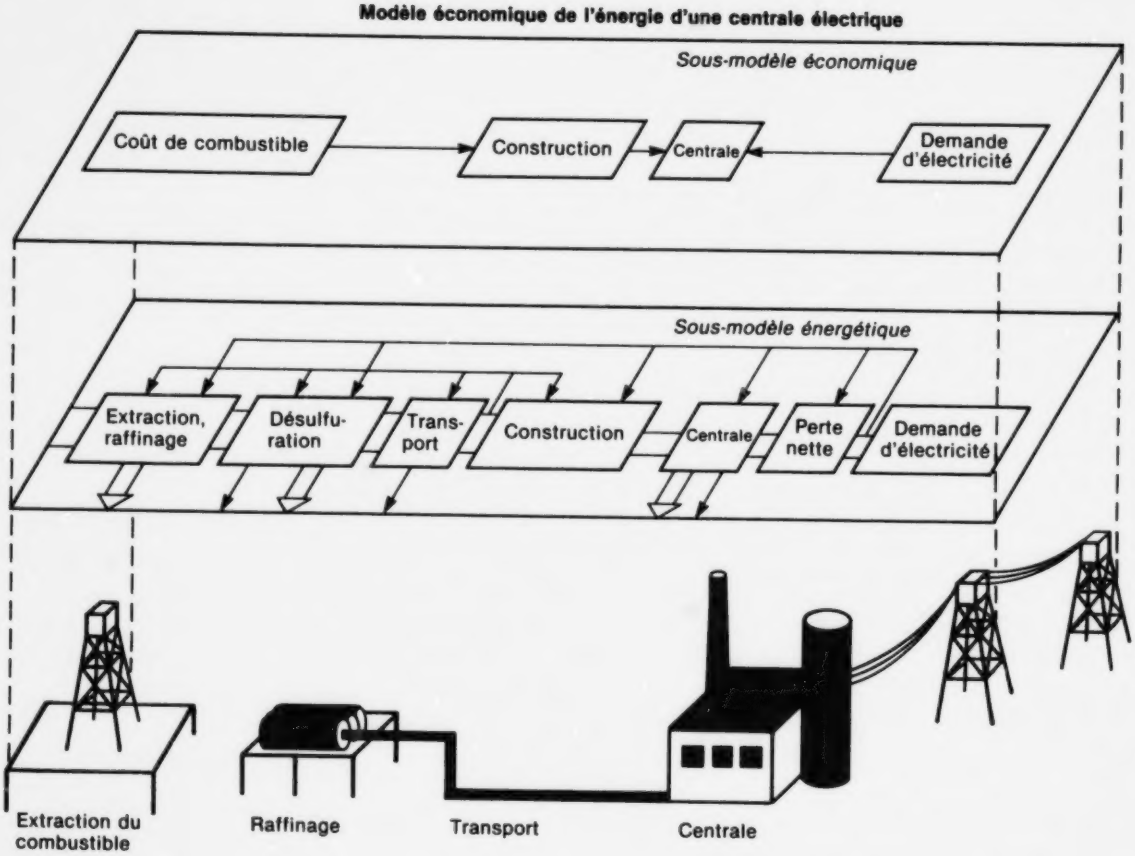


FIGURE 19
Modèle économique de l'énergie d'une centrale électrique résultant d'une projection à plusieurs plans
(Hafkamp, 1984)

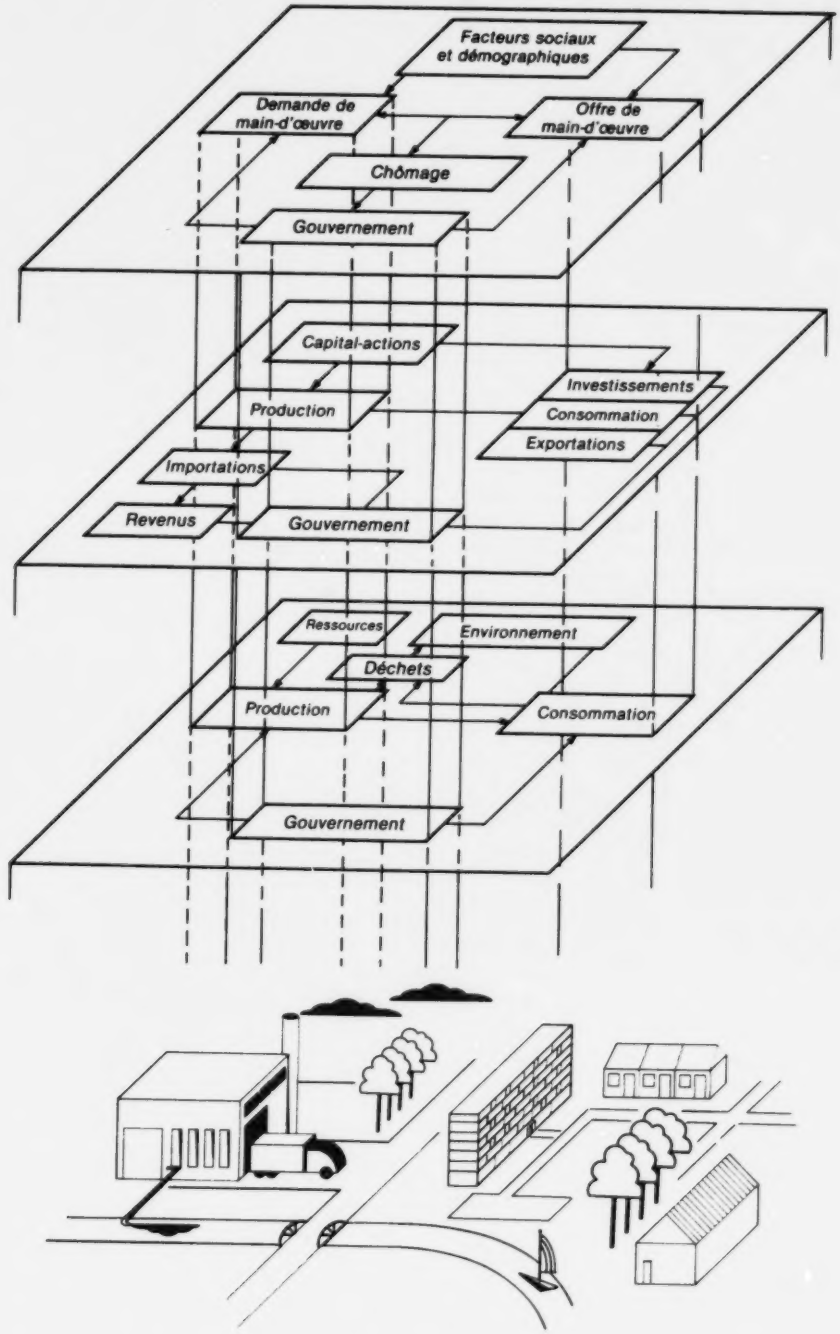


FIGURE 20
Version simple du modèle à trois plans obtenu par une projection à plans multiples
(tiré de Hafkamp, 1984)

RÉSULTATS DES RECHERCHES DANS LES BASES DE DONNÉES

Des recherches ont été effectuées dans un certain nombre de bases de données pour vérifier la disponibilité de données sur le sujet général des relations entre l'environnement et l'économie et sur des liens particuliers. Lors de cette vérification, des recherches ont été effectuées dans les bases de données suivantes :

— *Economic Index*

— *Enviroline*

— *Magazine Index*

— *NTIS*

— *Bibliothèque d'Environnement Canada*

— *Pollution Abstracts*

En raison de leur coût et de leur volume, nous n'avons pas demandé d'imprimer toute la documentation relevée et même les imprimés partiels que nous avons obtenus étaient trop volumineux pour être reproduits dans le présent rapport. Cette annexe renferme donc une liste des recherches entreprises, ainsi que des renseignements d'une pertinence toute particulière, comme le sujet, la base de données, le nombre d'entrées relevées et le nombre d'entrées demandées sur l'imprimé.

Par ailleurs, nous avons inclus les résultats des recherches effectuées dans deux bases de données à titre de référence et comme indication de la méthode de recherche. Les deux échantillons joints sont les suivants :

Recherche 1 : Economic Index; Relations économico-environnementales; 101 entrées sur 101 identifiées.

Recherche 8 : Enviroline; Incidences de la pollution atmosphérique sur la valeur et les frais d'entretien des bâtiments; 20 entrées sur 40 identifiées.

Des photocopies des imprimés tirés d'autres recherches, conformément à la liste ci-jointe, peuvent, sur demande, être mises à la disposition des chercheurs qui souhaitent assurer un suivi de certains aspects du sujet.

Liste des échantillons de recherches

N° de la recherche	*Base de données*	*Sujet*	*Entrées demandées/ identifiées*
1	Economic Index	Relations économico-envir.	101/101
2	Enviroline	" " "	5/5
2A	Enviroline	" " "	10/120
2A (suite)	Enviroline	" " "	20/20
2B	Enviroline	" " "	5/334
3	Magazine Index	" " "	10/23
4	NTIS	" " "	10/4170
5	Bibliothèque d'Envir. Canada	" " "	10/44
5A	Bibliothèque d'Envir. Canada	" " "	20/229
6	Enviroline	Aspects économiques de l'érosion des sols	
6 (suite)	Enviroline	" " "	2/2
6 (suite)	Enviroline	" " "	5/319
6 (suite)	Enviroline	" " "	5/73
6 (suite)	Enviroline	" " "	5/10
6 (suite)	Enviroline	" " "	6/6
6 (suite)	Enviroline	" " "	10/338
7	Bibliothèque d'Envir. Canada	" " "	8/8
8	Enviroline	Incidences de la pollution atmosphérique sur la valeur et les frais d'entretien des bâtiments	4/9
9	Pollution Abstracts	" " "	20/40
10	Enviroline	Incidences économiques des déchets miniers	5/5
11	Enviroline	Incidences économiques des pluies acides	20/119
12	Magazine Index	" " "	20/28
13	Enviroline	Incidences de la politique d'exploitation forestière sur les pêcheries et le secteur de la pêche	20/22
			13/13

Recherche 1: Economic Index

Questions — Descripteurs		Nombre de renvois
1. Renvois à :	Environnement	734
	Écologie	40
	Ressources publiques	8
	Pollution	1 662
2. Renvois à :	Économique	45 453
	Économique	2 772
3. Renvois à :	1. et 2.	731
4. Renvois à :	Coûts	4 920
	Interrelation	38
	Relation	1 301
	Liaison	254
	Lien	107
	Incidence	4 324
	Répercussion	2 519
5. Renvoi à :	1. et 2. et 3.	101

Imprimer 1 — 101 (Voir pages suivantes)

Remarque : Les données figurant sur les pages ci-jointes reproduisent des imprimés d'ordinateur.

135808
Alternative Mortgage Instruments: Their Effects on Consumer Housing Choices in an Inflationary Environment
Alm, James; Follain, James R., Jr.
Public Finance Quarterly, April 1982, 2, 134-57
Geographic Location: U.S.
Descriptors: credit to business, consumer, etc. including mortgages — mortgage market (3152); Housing Economics including nonurban housing (9320)

146917
Marketable Pollution Permits and Acid Rain Externalities
Atkinson, Scott E.
Canadian Journal of Economics, November 1983, 16 4. 704-22
Geographic Location: U.S.; Canada
This paper examines the economic implications of currently proposed marketable pollution right (MPR) systems for attaining ambient air quality standards in local airsheds. The author shows that (1) the magnitude of local control costs for one MPR system must be less than or equal to that under the current pollution control system and (2) if this MPR system significantly reduces local costs of control it must significantly increase local ambient degradation and, with high probability, the extent of long-range sulfate (S04) deposition. A simulation for a region of the Ohio River Basin indicates that the cost saving and increased ambient degradation and sulfate deposition in the Northeast and Canada should be large.
Descriptors: conservation and pollution (7220); regional economics — regional economic studies (9412)
abstract in JEL

150032
Some Comments Relating to Model Specification on "Effects of Nuclear Plants on Residential Property Values."
Bjornstad, David J.; Vogt, David P.
Journal of Regional Science, February 1984, 24 1, 135-36
Geographic Location: U.S.
Descriptors: conservation and pollution (7220); Housing Economics including nonurban housing (9320)

109587
New Standards for Strip Mining: Social, Economic and Environmental Costs Now Considered
Bonnefoy, Linda
Natural Resources Journal, October 1978, 18 4, 909-12
Geographic Location: U.S.
Descriptors: industry studies, extractive industries — mining metal, coal, and other nonmetallic minerals (6322); conservation and pollution (7220)

124805
Mieszkowski and Saper's Estimate of the Effects of Airport Noise on Property Values: A Comment
Borins, Sandford F.
Journal of Urban Economics, January 1981, 9 1, 125-28
Geographic Location: Canada
Descriptors: Economics of Transportation (6150); industry studies, services and related industries — real estate (6357); conservation and pollution (7220); Housing Economics including nonurban housing (9320)

064678
Comments on "Empirical Study of Economic-Ecologic Linkages in a Coastal Area" by J. C. Hite and E. A.
Laurent Bromley, Daniel W.; Meyer. Neil L.
Water Resources Research, October 1972, 8 5, 1361-63
Descriptors: regional economics — regional economic studies (9412); conservation and pollution (7220)

107250
The Effect of Air Pollution upon Mortality: A Consideration of Distributed Lag Models: Comment
Brown, Byron W., Jr.
Journal of the American Statistical Association, September 1978, 73 363, 472
Descriptors: conservation and pollution (7220); Demographic Economics (8410)

147418
Effects of Dynamic Task Environment on the Learning of Standard Cost Variance Significance
Brown, Clifton
Journal of Accounting Research, Autumn 1983, 21 2, 413-31
Geographic Location: U.S.
Descriptors: Managerial Economics (5120); Accounting (5410)

137912
The Effect of Air Pollution on Residential Location Decisions in Metropolitan Areas
Burnell, James D.
Regional Science Perspectives. 1981, 11 2, 3-14
Geographic Location: U.S.
Descriptors: conservation and pollution (7220); Urban Economics and Public Policy (9310); Housing Economics including nonurban housing (9320)

062127
Intercity Bus Transport in West Pakistan. Entrepreneurs in an Environment of Uncertainty
Burns, Robert E.
Journal of Transport Economics and Policy, September 1971, 5 3, 314-43

Geographic Location: Pakistan
Descriptors: Market Structure, Industrial Organization and Corporate Strategy (6110): Economics of Transportation (6150); Public Utilities and Costs of Government Regulation of Other Industries Private Sector (6130)
abstract in JEL

063692
Impact of the Changing Economic and Social Environment on Managers of Agricultural Firms
Candler, Wilfred
American Journal of Agricultural Economics, December 1971, 53 5, 870-77
Geographic Location: U.S.
Descriptors: Goals and Objectives of Firms (5140); agricultural marketing and agribusiness (7150)

132175
The Impact on Housing Costs of the California Coastal Zone Conservation Act
Case, Fred E.; Gale, Jeffrey
American Real Estate and Urban Economics Association Journal Winter 1981, 9 4, 345-66
Geographic Location: U.S.
Descriptors: conservation and pollution (7220); Urban Economics and Public Policy (9310); Housing Economics including nonurban housing (9320)

124407
The Relative Efficiency of Public and Private Firms in a Competitive Environment: The Case of Canadian Railroads
Caves, Douglas W.; Christensen, Laurits R.
Journal of Political Economy, October 1980, 88 5, 958-76
Geographic Location: Canada
Descriptors: Public Utilities and Costs of Government Regulation of Other Industries Private Sector — Regulation of Public Utilities (6131); Economics of Transportation (6150) abstract in JEL

139417
The Health Effects of Air Pollution: A Reanalysis
Chapple, Mike: Lave, Lester
Journal of Urban Economics, November 1982, 12 3, 346-76
Descriptors: conservation and pollution (7220); Demographic Economics (8410): Economics of Health (9130)

134146
The Cost of Automobile Safety and Emissions Regulation to the Consumer; Some Preliminary Results
Crandall, Robert W.; Keeler, Theodore E.; Lave, Lester B.
American Economic Review, May 1982, 72 2, 324-27
Geographic Location: U.S.
Descriptors: Industry Studies, Manufacturing — transportation and communication equipment (6314): conservation and pollution (7220): consumer economics, levels and standards of living — Consumer Protection (9213)

104222
Effects of Selected Changes in the Institutional and Human Environment upon output Per Unit of Input
Denison, Edward F. Survey of Current Business, January 1978, 58 1, 21-44
Geographic Location: U.S. Descriptors: Productivity and Growth, Theory and Data (2260); conservation and pollution (7220); Public Policy, Role of Government — Factory Act and Safety Legislation (8223); economics of crime (9160)

088846
Economic Growth and Environmental Deterioration-Some Aspects of Their Inter-Relationship
Dholakia, Bakul H.
Artha-Vikas, July-December 1978, 12 2, 54-63
Descriptors: conservation and pollution (7220); economic development models and theories (1120)

075768
Economic Study of the Effect of Municipal Sewer Surcharges on Industrial Wastes and Water Usage
Elliott, Ralph D.
Water Resources Research, October 1973, 9 5, 1121-31
Geographic Location: U.S.
Descriptors: conservation and pollution. (7220): Public Utilities and Costs of Government Regulation of Other Industries Private Sector (6130)

111873
The Effect of Water quality on Rural Nonfarm Residential Property Values
Epp, Donald J.; Al-Ani. K. S.
American Journal of Agricultural Economics, August 1979, 61 3, 529-34
Geographic Location: U.S.
Descriptors: rural economics (7180); conservation and pollution (7220)

153286
Cross-Compliance for Erosion Control: Anticipating Efficiency and Distributive Impacts
Ervin, David E.; Heffernan, William D.; Green, Gary P.
American Journal of Agricultural Economics, August 1984, 66 3, 273-78
Geographic Location: U.S.
Despite increasing attention, the effects of using differential agricultural program benefits to achieve soil conservation are largely unexplored. Viewed in a conventional environmental economics framework, the popularly perceived cross-compliance program may fall short on efficiency grounds. Analysis suggests that the greatest incentive to practice conservation may occur on land with little or no net social benefits forthcoming from erosion control. A by-product of cross-compliance worth consideration is that those likely to benefit most from the program are the highest equity and largest farm operators.
Descriptors: land reform and land use — land development, land use, irrigation policy (7172); conservation and pollution (7220) abstract in JEL

078086
A Probabilistic Cost Analysis of Two Stack Flue Gas Desulfurization Systems
Ezzati, Ali
Engineering Economist, January-February 1974, 19 2, 63-85
Descriptors: Managerial Economics (5220); conservation and pollution (7220)

133245
Patterns in the Laws on Health Risks
Field, Robert I.
Journal of Policy Analysis and Management, Winter 1982, 1 2, 257-60
Geographic Location: U.S.
Descriptors: Public Utilities and Costs of Government Regulation of Other Industries Private Sector (6130); conservation and pollution (7220); Economics of Health (9130)

064383
Impact of Population on Resources and the Environment
Fisher, Joseph L.
American Economic Review, May 1971, 61 2, 392-98
Geographic Location: U.S. Descriptors: Demographic Economics (8410): natural resources (7210): conservation and pollution (7220)

150033
Some Comments Relating to Model Specification on "Effects of Nuclear Power Plants on Residential Property Values"; Reply
Gamble, Hays B.; Downing, Roger H.
Journal of Regional Science, February 1984, 24 1, 137-38
Geographic Location: U.S.
Descriptors: conservation and pollution (7220); Housing Economics including nonurban housing (9320)

139400
Effects of Nuclear Power Plants on Residential Property Values
Gamble, Hays B.; Downing. Roger H.
Journal of Regional Science, November 1982, 22 4, 457-78
Geographic Location: U.S.
Descriptors: conservation and pollution (7220); Housing Economics including nonurban housing (9320)
abstract in JEL

117527
Socioeconomic Effectiveness of New Technology (Methodological Questions).
Gatovskii, L.
Problems of Economics, June 1979, 22 2, 39-58
Geographic Location: U.S.S.R.
Descriptors: socialist and communist economic systems (0520);
Technological Change, Innovation, Research and Development — Technological Change and Innovation (6211); conservation and pollution (7220)

086042
An Evaluation of the Impact of Aircraft Noise on Property Values with a Simple Model of Urban Land Rent
Gautrin, Jean-Francois
Land Economics, February 1975. 51 1, 80-86
Descriptors: conservation and pollution (7220); Urban Economics and Public Policy (9310): regional economics — regional economic studies (9412); Housing Economics including nonurban housing (9320)

151861
The Development and Impact of an EEC Directive: The Control of Discharges of Mercury to the Aquatic Environment
Guruswamy, L. D.; Papps, I.; Storey. D. J.
Journal of Common Market Studies, September 1983, 22 1, 71-100
Geographic Location: EEC: U.K.
Descriptors: Economic Integration — Economic Integration, Policy and Empirical Studies (4233); conservation and pollution (7220)

151582
A Model for Forecasting the Economic and Environmental Impact of Energy Policy
Harris, Curtis C.; McConnell, Virginia D.; Cumberland, John H.
Energy Economics, July 1984, 6 3, 167-76
Geographic Location: U.S.
Descriptors: Economic Forecasting and Econometric Models — Specific Forecasts and Models (1323); Input-Output (2220); conservation and pollution (7220); energy (7230)

112526
The Economic Impacts of Environmental Regulations on the U.S. Copper Industry
Hartman, Raymond S.; Bozdogan, Kirkor; Nadkarni, Ravindra M.
Bell Journal of Economics Geographic Location: U.S.
Descriptors: Industry Studies, Manufacturing — Metals iron, steel, and other (6312); conservation and pollution (7220)

152067
A Geobased National Agricultural Policy for Rural Community Enhancement, Environmental Vitality, and Income Stabilization
Hayden, F. Gregory
Journal of Economic Issues, March 1984, 18 1, 181-221
Geographic Location: U.S.
The article concludes that agricultural policy: should include site specific environmental policy to prevent soil erosion, water pollution, and wetland destruction, should reverse the policy-induced trend of rural community destruction, must take into consideration the impact of technology on farm and community structure, and must protect farm income and control production by allowing smaller farmers to plant a greater percent of land than larger farmers. Surplus production allows us to remove fragile land from production rather than promoting exports. The current financial, environmental, and structural disarray in agriculture offers real opportunity for improving the welfare of farmers and the people in general.
Descriptors: agricultural policy, domestic and international (7130); land reform and land use — land development, land use, irrigation policy (7172); rural economics (7180); conservation and pollution (7220)
abstract in JEL

065778
The Effect of Ecologically Relevant Information on Detergent Sales
Henion, Karl E.
Journal of Marketing Research, February 1972, 9 1, 10-14
Descriptors: conservation and pollution (7220); Marketing and Advertising (5310); Industry Studies, Manufacturing — chemicals, drugs, plastics, ceramics, glass, and rubber (6315): consumer economics, levels and standards of living — Expenditure Patterns and Consumption ST of Expenditure on Specific Items (9212)
abstract in JEL

149683
Planning for Institutional Change in a Complex Environment An Approach and an Application
Hickerson, Steven R.
Journal of Economic Issues, September 1983, 17 3, 631-65
Unified Program Planning, a systems approach technique developed by J. Douglas Hill and John N. Warfield, is applied to the ameliorative redesign of institutional arrangements, a process of long standing concern in institutional economics. The delivery of legal services is used as a vehicle in illustrating this application. The technique incorporates problem definition, value system design, and system synthesis stages, all of which are developed in a series of graphs and matrices. This culminates in a set of linked matrices, which depicts interactions among the elements of a complex system, and which facilitates the planning of incremental change in such a system.
Descriptors: history of economic thought — historical and institutional (0318); economic planning theory and policy — economic planning theory (1132)
abstract in JEL

064679
Empirical Study of Economic-Ecologic Linkages in a Coastal Area: Reply
Hite, James C.; Laurent. Eugene A,
Water Resources Research, October 1972, 8 5, 1364-65
Descriptors: regional economics — regional economic studies (9412); conservation and pollution (7220)

061473
Empirical Study of Economic-Ecologic Linkages in a Coastal Area
Hite, James C.; Laurent, Eugene A.
Water Resources Research, October 1971, 7 5, 1070-78
Geographic Location: U.S.
Descriptors: regional economics — regional economic studies (9412): conservation and pollution (7220)

100506
The Effects of Pollution Taxation on the Pattern of Resource Allocation: The Downstream Diffusion Case
Hochman, Eithan; Pines, David; Zilberman, David
Quarterly Journal of Economics, November 1977, 91 4, 625-38
Descriptors: national taxation and subsidies (3230); conservation and pollution (7220); regional economics — theory of regional economics (9411)
abstract in JEL

095143
Environmental Impact Evaluation, Land Use Planning, and the Housing Consumer
James, Franklin J.; Muller, Thomas
American Real Estate and Urban Economics Association Journal Fall 1977, 5 3, 279-301
Geographic Location: U.S.
Descriptors: conservation and pollution (7220); Housing Economics including nonurban housing (9320); regional economics (9410)

060794
Economic Analysis of Sewer Service Charge Formulas
Johnson, J. A.
Land Economics, February 1971, 47 2, 80-86
Descriptors: conservation and pollution (7220); Public Utilities and Costs of Government Regulation of Other Industries Private Sector (6130)
abstract in JEL

126436
Regional Environmental and Economic Impact Evaluation: An Input-Output Approach
Johnson, Manuel H.; Bennett, James T.
Regional Science and Urban Economics, May 1981, 11 2, 215-30
Descriptors: conservation and pollution (7220); regional economics — regional economic models and forecasts GENERAL) (9413)

116643
An Input-Output Model of Regional Environmental and Economic Impacts of-Nuclear Power Plants
Johnson, Manuel H.; Bennett, James T.
Land Economics, May 1979, 55 2, 236-52
Geographic Location: U.S.
Descriptors: industry studies, services and related industries — electrical, gas, communication, and information services (6352); conservation and pollution (7220); regional economics — regional economic studies (9412)
abstract in JEL

057673
Environmental Disruption and Social Costs: A Challenge to Economics
Kapp, K. William
Kyklos, 1970, 23 4, 833-48
Descriptors: welfare theory — externalities (0244); economic methodology (0360)

014780
Rent Relationships in the Economic Mechanism of Social Production
Kassirov, L.
Problems of Economics, November 1973, 16 7, 36-58
Descriptors; socialist and communist economic systems (0520); conservation and pollution (7220)

154014
Faculty Advancement in a Nontraditional University Environment
Kaun, David E.
Industrial and Labor Relations Review, July 1984, 37 4. 592-606
This study examines faculty advancement rates during the formative years of the University of California, Santa Cruz. An explicit goal of the administration was to obtain high-quality undergraduate teaching from faculty members who were to be appraised on the basis of criteria that emphasize research. Previous studies of faculty advancement have shown little or no reward for high-quality teaching, but this study finds e significant relationship between faculty advancement and quality teaching, in addition to the usual relationship with length of service and publications. The author concludes that the institutional environment can influence the faculty reward structure to promote improved teaching.
Descriptors: occupation (8120); Labor Market Studies, Wages, Employment — Wage and Fringe Benefit Studies (8242): Economics of Education (9120)
abstract in JEL

099913
The Impact of Development on the Environment
Kerr, Derek
National Westminister Bank Quarterly Review, August 1977.
Geographic Location; U.K.
Descriptors: economic studies of developed countries — European countries (1223); conservation and pollution (7220)

073484
The Effect of Ecological Concern on Brand Perceptions
Kinnear, Thomas C.; Taylor, James R.
Journal of Marketing Research, May 1973, 2, 191-97
Geographic Location: U.S.
Descriptors: Marketing and Advertising (5310); conservation and pollution (7220); consumer economics, levels and standards of living — Expenditure Patterns and Consumption ST of Expenditure on Specific Items (9212)

065853
Effective Pollution Control in Industrialized Countries: International Economic Disincentives, Policy Responses, and the GATT
Kirgis, Frederic L., Jr.
Michigan Law Review, April 1972. 5, 859-918
Descriptors: conservation and pollution (7220); Commercial Policy and Trade Regulations, Empirical Studies (4220)

124971
An Economic Analysis of "Pollution Control Public Works Cost Allocation Law". (In Japanese.)
Kishimoto, Tetsuya
Kokumin-Keizai Zasshi, December 1980, 142 6, 83-94

126399
Environmental Regulation and Optimal Investment Behavior: A Micro-Economic Analysis
Kopp, Raymond J.; Smith, V. Kerry
Regional Science and Urban Economics, June 1980, 2. 211-24
Descriptors: Business Investment (5220); Public Utilities and Costs of Government Regulation of Other Industries Private Sector (6130); conservation and pollution (7220)

108284
Community Environment snd the Market Value of Single-Family Homes: The Effect of the Dispersion of Land Uses
Lafferty, Ronald N.; Frech, H. E., III
Journal of Law and Economics, October 1978, 21 2. 381-94
Descriptors: Urban Economics and Public Policy (9310); Housing Economics including nonurban housing (9320)

153110
The Possible Impact of National Accounts and Balances on the Development of Frameworks for Environment Statistics
Laganier, Jean
Statistical Journal, January 1984, 2 1, 43-61
Descriptors: Economic and Social Statistical Data and Analysis (2200)

065810
Economic-Ecologic Linkages and Regional Growth: A Case Study
Laurent, Eugene A.; Hite, James C.
Land Economics, February 1972, 48 1, 70-72
Descriptors: Input-Output (2220); regional economics — regional economic models and forecasts (9413); conservation and pollution (7220)

135812
Housing Demand and the Standard Mortgage Instrument: Comment Alternative Mortgage Instruments: Their Effects on Consumer
Housing Choices in an Inflationary Environment
Accelerating Inflation and Nonassumable Fixed-Rate Mortgages: Effects on Consumer Choice and Welfare.
Lea, Michael J. Public Finance Quarterly, April 1982, 2, 185-92
Geographic Location: U.S.
Descriptors: credit to business, consumer, etc. including mortgages — mortgage market (3152); Housing Economics including nonurban housing (9320)

102872
The Assessment of Environmental Impacts in Project Appraisal in the European Communities
Lee, Norman; Wood, Christopher
Journal of Common Market Studies, March 1978, 16 3, 189-210
Geographic Location: EEC
Descriptors: Economic Integration — Economic Integration, Policy and Empirical Studies (4233); conservation and pollution (7220)

067237
Die volkswirtschaftlichen Kosten des Umweltschutzes — Ein erweitertes Input-Output-System. (The Economic Costs of Depollution-An Enlarged Input-Output System. With English summary.)
Lehbert, Berndt
Weltwirtschaftliches Archiv, 1972, 8 2, 298-318
Descriptors: Input-Output (2220); conservation and pollution (7220)
abstract in JEL

120110
Measurement of the Socioeconomic Impact of Lake Restoration: An Assessment Model Employing a Benefit/Cost Cross-Impact Probabilistic Approach
Liu, Ben-chieh; Christiansen, Neils: Jaksch, John American Journal of Economics and Sociology, July 1980. 39 3. 227-36
Geographic Location: U.S.
Descriptors: natural resources (7210); conservation and pollution (7220); regional economics — regional economic studies (9412)

114242
Regional Estimates of the Morbidity Cost of Total Suspended Particulates
Liu, Ben-Chieh; Yu, Eden S. H.
Growth and Change, April 1980, 11 2, 26-31
Geographic Location: U.S.
Descriptors: conservation and pollution (7220); Demographic Economics (8410); regional economics — regional economic studies (9412)

115362
Distributional Analysis of Regional Benefits and Cost of Air Quality Control
Loehman, E. T., et al.
Journal of Environmental Economics and Management, September 1979, 6 3, 222-43
Geographic Location: U.S.
Descriptors: conservation and pollution (7220); regional economics — regional economic studies (9412)

116679
A Preference Approach to Measuring the Impact of Environmental Externalities
Mark, Jonathan H.
Land Economics, February 1980, 56 1, 103-16
Geographic Location: U.S.
Descriptors: conservation and pollution (7220); Urban Economics and Public Policy (9310)

059428
Economic Efficiency Implications of Federal-Local Cost Sharing in Water Resource Development
Marshall, Harold Emory
Water Resources Research, June 1970, 6 3, 673-82
Geographic Location: U.S.
Descriptors: intergovernmental financial relationships (3250); conservation and pollution (7220)

108863
An Estimate of the Effects of Airport Noise on Property Values
Mieszkowski, Peter; Saper, Arthur M.
Journal of Urban Economics, October 1978, 5 4, 425-40
Geographic Location: Canada
Descriptors: Economics of Transportation (6150); industry studies, services and related industries — real estate (6357); conservation and pollution (7220); Housing Economics including nonurban housing (9320)

082604
The Economic Impact of Controlling Nonpoint pollution in Hardwood Forestland
Miller, W. L.; Everett, H. W.
American Journal of Agricultural Economics, November 1975, 57 4, 576-83
Geographic Location: U.S.
Descriptors: conservation and pollution (7220); natural resources (7210) abstract in JEL

096133
Economic Environments for Which There Are Pareto Satisfactory Mechanisms
Mount, Kenneth; Reiter, Stanley Econometrica, May 1977, 45 4. 821-42
Descriptors: welfare theory — allocative efficiency including theory of cost/benefit (0242)
abstract in JEL

113417
The Impact of Decentralization on the Journey-to-Work and Pollution
Naroff, Joel L.; Ostro, Bart David
Economic Geography. January 1980, 58 1, 63-72
Geographic Location: U.S.
Descriptors: conservation and pollution (7220); Urban Economics and Public Policy (9310); urban transportation economics (9330)

126144
The 1977 Clean Air Act Amendments: Energy, Environmental, Economic, snd Distributional Impacts
Navarro, Peter
Public Policy, Spring 1981, 29 2, 121-46
Geographic Location: U.S.
Descriptors: conservation and pollution (7220); energy (7230)

132178
Housing Costs and prices under Regional Regulation
Nicholas, James C.
American Real Estate and Urban Economics Association Journal Winter 1981, 9 4, 384-96
Geographic Location: U.S.
Descriptors: land reform and land use — land development, land use, irrigation policy (7172); conservation and pollution (7220); Housing Economics including nonurban housing (9320)

152447
Coevolutionary Development Potential
Norgaard, Richard B. Land Economics, May 1984, 2, 160-73
In biology, "coevolutionary" refers to an evolutionary process based on reciprocal responses between two closely interacting species. The concept can be broadened to encompass any ongoing feedback process between two evolving systems, including social and ecological systems. This paper presents several ideas new to economics; among them are: (1) The neoclassical view of economic development as a process of augmenting factors of production stems from the basic assumption that factors are separable. However, a harmony-with-nature world view has provided much of the philosophical and scientific basis for resource and environmental policies. (2) The coevolutionary perspective gives a better picture of the nature of the social and ecological problems that accompany the factor-augmentation approach to development. (3) Few people today doubt the efficiency of the market except with respect to environmental management and intertemporal natural resource allocation. The coevolutionary model incorporates relationships between people and their environments based on recent advances in the natural sciences and is thereby more appropriate over the long run for exploring the relationship between resources, environmental systems, and social systems.
Descriptors: economic development models and theories (1120); natural resources (7210); conservation and pollution (7220)
abstract in JEL

104651
Regional Economic Impacts of Policies to Control Erosion and Sedimentation in Illinois and Other Corn Belt States
Osteen, Craig; Seitz, Wesley D.
American Journal of Agricultural Economics, August 1978, 3, 510-17
Geographic Location: U.S.
Descriptors: conservation and pollution (7220); regional economics — regional economic studios (9412)
abstract in JEL

147603
The Effects of Air Pollution on Work Loss and Morbidity
Ostro. Bart D.
Journal of Environmental Economics and Management, December 1983, 4, 371-82
Geographic Location: U.S.
Descriptors: conservation and pollution (7220); Economics of Health (including medical subsidy programs) (9130)

137321
The Secondary Impact of Nonpoint-Pollution Controls: A Linear-Programming-Input/Output Analysis
Palmini, Dennis J.
Journal of Environmental Economics and Management, September 1982, 9 3, 263-78
Geographic Location: U.S.
Descriptors: conservation and pollution (7220); regional economics — regional economic studies (9412)

133387
Measuring Environmental Effects on Property Values without Hedonic Regressions
Palmquist, Raymond B.
Journal of Urban Economics, May 1982, 11 3, 333-47
Geographic Location: U.S.
Descriptors: conservation and pollution (7220); Housing Economics including nonurban housing (9320)

071637
The Impact of the Environment upon the Spatial Distribution of Population and Land Values
Papageorgiou, G. J.
Economic Geography, July 1973, 49 3, 251-56
Descriptors: economic geography (7310); Urban Economics and Public Policy (9310)

066159
Economic Aspects of Pollution Control
Parish, Ross M. Australian Economic Papers, June 1972, 11 18, 32-43
Descriptors: conservation snd pollution (7220); welfare theory — allocative efficiency including theory of cost/benefit (0242)
abstract in JEL

129256
Regulation and the Economy; Concluding Thoughts
Peskin Henry M.; Portney, Paul R.; Kneese, Allen V.
Natural Resources Journal July 1981, 21 3, 589-91
Geographic Location. U.S.
Descriptors: National Income Accounting Theory and Procedures (2210); Public Utilities and Costs of Government Regulation of Other Industries Private Sector — Effects of Regulation on Market Structure, Costs and Efficiency (6132); conservation and pollution (7220)

129251
The Macroeconomic Impacts of Federal Environmental Regulation
Portney, Paul R.
Natural Resources Journal, July 1981, 21 3, 459-88
Geographic Location: U.S.
Descriptors: Economic Forecasting and Econometric Models — Specific Forecasts and Models (1323); Public Utilities and Costs of Government Regulation of Other Industries Private Sector — Effects of Regulation on Market Structure, Costs and Efficiency (6132); Industry Studies, Manufacturing (6310); conservation and pollution (7220)

123763
Housing Prices, Health Effects, and Valuing Reductions in Risk of Death
Portney, Paul R. Journal of Environmental Economics and Management, March 1981, 8 1, 72-78
Geographic Location: U.S.
Descriptors: conservation and pollution (7220); Economics of Health (9130); Housing Economics including nonurban housing (9320)

073815
Minimizing Losses in a Hostile Environment: The Costs of Defending One's Castle
Prohaska, Charles R.; Taylor, Walton
Journal of Risk and Insurance. September 1973, 3, 375-87
Descriptors: economics of crime (9160)

129255
Long-Run Effects of Environmental Regulation
Ridker, Ronald G.; Watson, William D.
Natural Resources Journal, July 1981, 21 3, 565-87
Geographic Location: U.S.
Descriptors: Economic Forecasting and Econometric Models — Specific Forecasts and Models (1323); Public Utilities and Costs of Government Regulation of Other Industries Private Sector — Effects of Regulation on Market Structure, Costs and Efficiency (6132); conservation and pollution (7220)

101396
The Effect of Urban Structure on the Concentration of Pollution
Robson, Arthur J.
Urban Studies, February 1977, 14 1, 89-93
Geographic Location: U.S.
Descriptors: Urban Economics and Public Policy (9310); conservation and pollution (7220)

147757
Modeling the Macroeconomic Impact of Air Pollution Abatement
Rose, Adam
Journal of Regional Science, November 1983, 23 4, 441-59
Geographic Location: U.S.
A critical evaluation of the literature indicates that there is no definitive conclusion on whether the net economic impact of air pollution regulations is positive or negative. Each study on the subject has omitted several causal factors and failed to provide empirical justification for many of its assumptions. This paper presents a model framework for assessing the national or regional impact of pollution abatement that is able to incorporate a broader and more flexible set of causal relationships. An application of the model illustrates the sensitivity of net impacts to alternative specifications of investment displacement, cost pass-through, and government spending relationships.
Descriptors: conservation and pollution (7220); regional economics — regional economic studies (9412)
abstract in JEL

129212
Economic Theory and Environmental Law
Sagoff, Mark
Michigan Law Review, June 1981, 79 7, 1393-1419
Descriptors: welfare theory — allocative efficiency including theory of cost/benefit (0242); conservation and pollution (7220)

092076
A Regional Analysis of Air Quality Standards, Coal Conversion, and the Steam-Electric Coal Market
Schlottmann, Alan
Journal of Regional Science, December 1976. 16 3. 375-87
Geographic Location: U.S.
Descriptors: regional economics — regional economic studies (9412); conservation and pollution (7220); natural resources (7210); Public Utilities and Costs of Government Regulation of Other Industries Private Sector (6130)
abstract in JEL

070651
Solid Waste Management for Rural Areas: Analysis of Costs and Service Requirements
Schreiner, Dean; Muncrief, George; Davis, Bob American
Journal of Agricultural Economics, Part I, November 1973, 55 4, 567-76
Geographic Location: U.S.
Descriptors: conservation and pollution (7220); rural economics (7180)
abstract in JEL

109175
Economic Impacts of Soil Erosion Control
Seitz, Wesley D., et al.
Land Economics. February 1979, 55 1, 28-42
Geographic Location: U.S.
Descriptors: conservation and pollution (7220)
abstract in JEL

108893
An Analysis of Some Short-Term Health Effects of Air Pollution in the Washington. D.C. Metropolitan Area
Seskin, Eugene P.
Journal of Urban Economics. July 1979, 6 3, 275-91
Geographic Location: U.S.
Descriptors: conservation and pollution (7220); Economics of Health (9130)

108847
The Environmental Impact of Transport and the Public Interest
Sharp, Clifford D.
Journal of Transport Economics and Policy, January 1979, 13 1, 88-101
Descriptors: welfare theory (0240); Economics of Transportation (6150)
abstract in JEL

103540
The Effects of Mercury Contamination in Pheasants on the Value of Pheasant Hunting in Oregon
Shulstad, Robert N.; Stoevener, Herbert H.
Land Economics, February 1978, 54 1, 39-49
Geographic Location: U.S.
Descriptors: conservation and pollution (7220); consumer economics, levels and standards of living (9210)

099211
Estimating the Air Pollution Costs of Transport Modes
Small, Kenneth A. Journal of Transport Economics and Policy. May 1977, 11 2, 109-32
Geographic Location: U.S.
Descriptors: Economics of Transportation (6150); conservation and pollution (7220)
abstract in JEL

084773
Mortality-Air Pollution Relationships: A Comment
Smith, V. Kerry
Journal of the American Statistical Association, June 1975 341-43
Geographic Location: U.S.
Descriptors: Demographic Economics (8410); conservation and pollution (7220)
abstract in JEL

085873
Measuring the Impact of Air Pollution on Property Values
Smith, V. Kerry; Deyak, Timothy A.
Journal of Regional Science, December 1975, 15 3, 277-88
Geographic Location: U.S.
Descriptors: Housing Economics including nonurban housing (9320); conservation and pollution (7220)
abstract in JEL

072938
Effectiveness of Two Technical Assistance Efforts in Differing Environments
Stoner, James A. F.; Aram, John D.
Journal of Development Studies, July 1973, 9 4, 508-17
Descriptors: International Aid (4430); economic studies of developing countries (1210)

076029
The Ex-Slave in the Post-Bellum South; A Study of the Economic Impact of Racism in a Market Environment
Sutch, Richard; Ransom, Roger
Journal of Economic History, March 1973, 33 1, 131-48
Geographic Location: U.S.
Descriptors: economic history, North America excluding Mexico — history of factor prices and markets (0422); economics of minorities, economics of discrimination (9170)

129150
Avoidance Costs Associated with Imperfect Information: The Case of Kepone
Swartz, David G.; Strand Ivar E.,
Jr. Land Economics, May 1981, 57 2, 139-50
Geographic Location: U.S.
Descriptors: conservation and pollution (7220); consumer economics, levels and standards of living (9210)
abstract in JEL

078414
Economic Impact of Imposing Per Acre Restrictions on Use of Nitrogen Fertilizer in Illinois
Taylor, C. Robert; Swanson, Earl R.
Illinois Agricultural Economics. July 1974, 14 2. 1-5
Geographic Location: U.S.
Descriptors: agricultural supply and demand analysis (7110); conservation and pollution (7220)

142306
Aggregate Economic Effects of Alternative Boll Weevil Management Strategies
Taylor, C. Robert. et al.
Agricultural Economics Research. April 1983. 35 2. 19-28
Geographic Location: U.S.
Descriptors: agricultural supply and demand analysis (7110); conservation and pollution (7220)

109034
Gesamtwirtschaftliche Wirkungen der Umweltpolitik, (Economic Impact of Pollution Control Policies. With English summary.)
Tomann, Horst
Konjunkturpolitik. 1979. 25 1. 47-72
Geographic Location: W. Germany
Descriptors: conservation and pollution (7220)
abstract in JEL

078415
Economic Effects of a Total Farm Nitrogen Balance Approach to Reduction of Potential Nitrate Pollution
Walker, M. E., Jr.; Swanson, Earl R.
Illinois Agricultural Economics, July 1974, 14 2, 21-27
Geographic Location: U.S.
Descriptors: agricultural supply and demand analysis (7110): conservation and pollution (7220)

076614
Micro Economic Environmental Impact Methodology
Ward, Richard J.
American Economist, Spring 1974, 18 1, 82-52
Descriptors: conservation and pollution (7220)

110049
Decision Making for Toxic Substances Control: Cost-Effective Information Development for the Control of Environmental Carcinogens
Weinstein, Milton C.
Public Policy, Summer 1979, 27 3, 333-83
Geographic Location: U.S.
Descriptors: Economics of Health (9130)

109790
Distributional Effects of Collectivs Goods
Weisbrod, Burton A.
Policy Analysis, Winter 1979, 5 1. 67-95
Descriptors: welfare theory (0240); social choice and bureaucratic performance (0250): conservation and pollution (7220); economics of minorities, economics of discrimination (9170); consumer economics, levels and standards of living — Consumer Protection (9213)

108833
Measuring the Costs of Noise Nuisance from Aircraft: A Review Article
Whitbred, Michael
Journal of Transport Economics and Policy. May 1978, 12 2, 202-08
Descriptors: Economics of Transportation (6150); conservation and pollution (7220)

107268
The Effect of Air Pollution Upon Mortality; A Consideration of Distributed Lag Models
Wyzga, Ronald E. Journal of the American Statistical Association, September 1978. 73 363, 463-72
Geographic Location: U.S.
Descriptors: conservation and pollution (7220): Demographic Economics (8410)

Recherche 8: Enviroline

Problème échantillon 2 : Incidences de la pollution atmosphérique sur la valeur et les frais d'entretien des bâtiments

Questions — Descripteurs		Nombre de renvois
1. Renvois à :	Économie, incidence, pollution atmosphérique	119
2. Renvois à :	Pollution atmosphérique, dommages	990
3. Renvois à :	Bâtiment	1 965
	Immobilier	409
	Maison	1 109
	Logement	1 533
4. Renvoi à :	(1. et 2.) et tout de 3.	42
5. Renvoi à :	Intérieur	432
6. Renvoi à :	Extérieur	40

7. Imprimer les 20 premiers renvois à 6.

Remarque : Les données figurant sur les pages ci-jointes reproduisent des imprimés d'ordinateur.

0171674 *84-003583
Acid Rain Irritates Congress and Canada.
Dunne Nancy
Financial Times of London, Feb 17, 84. P4
Although Presiendt Ronald Reagan is urging Congress to increase funding levels for acid rain research, no effective clean-up program or acid rain control effort has been instituted. Canadian officials have criticized President Reagan's stance on the acid rain issue. The acid rain phenomenon has caused untold damage in Canada and the Northeastern U.S.. killing aquatic life. Eroding buildings and monuments. And damaging forests. Supporters of acid rain control legislation seek to impose emission controls on utilities and smokestack industries of the Midwestern U.S.
Descriptors: *acid rain : *transnational pollution ; *Canada *United States East; *air quality programs; *stack emission control; air pollution damage; econ impact-air poll
Review Classification: 01

0171598 *84-003507
Acid Deposition and the Materials Damage Question,
Scholle Stephen R.
Environment, Oct 83, V25, N8, P25 (8)
Journal article acidic air pollutants are the primary agents of weathering and corrosion of marble statuary. Buildings, and monuments, mechanisms of acid rain damage to materials are explained; sulfur dioxide and other acid gases diffuse through oxidation and solution products that form on common material surfaces in the presence of water. Related research addressing the extent of such damage, and implications for public health in light of lead leaching from pigments and masonry materials are examined. (4 photos, 44 references, 1 table)
Descriptors: *acid rain; *air pollution damage; *weathering; *erosion; *sulfur dioxide; *coatings; *heavy metals; corrosion; leaching; lead; historic sites
Review Classification: 01

0168049 *84-000007
Estimates of the National Benefits and Costs of Improving Ambient Air Quality,
Brady, Gordon L.; Bower Blair T.; Lakhani Hyder A. Yale Univ,
J Env Management, Apr 83. V16, N3, P49 (2)
Estimates of national benefits and costs of ambient air quality improvement in the U.S. for the period 1970-78 are examined. The literature on national benefits to health and non-health is critically reviewed. For the study period, the value of these benefits was in the range $5-51 billion, with a point estimate of about $22 billion. National costs estimates by CE, U.S. Bureau of Economic Analysis, and McGraw Hill are discussed and compared. National benefits for improving ambient air quality exceed the national costs for the average and the high values of the benefits, but not for the low estimates. (49 references, 2 tables)
Descriptors: *cost benef analysis-air; *air quality programs; *economics, env-air; *econ impact-air poll cont; *air poll cont investment; *air pollution damage; *death rates; *visibility; aesthetics, env; crop damage; particulates; real estate; capital costs; air quality criteria
Review Classification: 01

0167458 *83-006118
The New Politics of Acid Rain
Trisko Eugene M.
Coal Mining & Processing, Jul 83, V20, N6, P50 (5)
Acid rain legislation is pending before both Houses of Congress. The underlying political foundations of the acid rain issue were based on environmental concerns in the 1970s. The shape of the controversy appears to be changing as concerns about unemployment, coal market disruption, and high electric utility rate impacts from emission reduction requirements are spawning a new generation of control proposals. An overview of the causes and environmental impacts of acid rain is presented. Costs and benefits of control options are evaluated, and the new politics influencing emission reduction legislation is discussed. (6 references, 2 tables)
Descriptors: *acid rain; *legislation, env-fed; *stack emission control; *united states east; *cost benef analysis-air; *econ impact-air poll; *air pollution damage; *air quality stands; energy impact assessment; power plant emission control; pollution tax; lobbying, env-fed; economics, env-air; sulfur dioxide
Review Classification: 01

0166390 *83-005099
Restoring a Russian Heritage Turns Out to be a Byzantine Task.
Daniloff Ruth Smithsonian, Mar 83, v13. n12. p64 (12)
Soviet efforts to preserve their heritage by restoring palaces, churches, paintings, icons, an other historical treasures are chronicled. Many Russian leaders after Lenin have argued that art and architecture associated with religion should be eradicated, while Russianophiles claim that these are treasures of Soviet culture. Despite the Soviet government's initial attempts at preservation, restorers claim more work is needed. The government's planning commission has emphasized the industrial future over the cultural past. A new level of restoration skill must supplement traditional methods because of the effects of industrial pollution on many (cont. next page) buildings. Ninety-percent of Soviet art restorers are not trained in the latest techniques and can cause damage. (12 photos)
Descriptors: *historic sites; *USSR; *buildint design; *air pollution damage; *aesthetics, env; philosophical implictn env
Review Classification: 05

0165501 *83-004233

Acid Rain,

Boyle Robert H: Boyle R. Alexander Amicus J, Winter 83, V4, N3, P22 (16)

Feature article an overview of the acid rain phenomenon threatening the environments of Canada and the U.S. is presented. Acid rain is caused by the emission of 50-60 million tons of sulfur dioxide and nitrogen oxides from fossil fuel combustion. In the atmosphere, S02 and nox can be transformed into sulfuric acid and nitric acid and air currents can carry them thousands of miles from their source. When the acids fall to earth, they can have a devastating effect on lands and waters that have low natural buffering capacity. The impacts of acid precipitation on fish, human health, crops and forests, and buildings and monuments are discussed. Efforts being made by local, state, and the federal authorities to deal with this problem are examined. (1 diagram, 4 maps, 5 photos)

Descriptors: *acid rain; *air pollution damage; *fish kills; *heavy metals; *sulfur doxide; *nitrogen oxides; *transnational pollution; *policy-planning; crop damage; PH hydrogen ION concentratn; sulfuric acid; North America; atmospheric pollutant deposition; power plant emissions

Review Classification: 01

0165470 *83-004202

Reactions Between Vehicle Emissions and Building Materials,

Martin Keith G.

CSIRO.

Clean Air, Nov 82, V16, N4, P60 (6)

Technical feature mechanisms of potential reactions between air pollutants and building materials are reviewed. The review serves as a basis for estimating damage to buildings in Australian cities due to motor vehicle emissions. Reactions and degradation mechanisms considered include photooxidation, chalking, ozonolysis, deterioration of rubber and fabrics, Corrosion, erosion, and soiling are discussed. (42 references)

Descriptors. *automobile emissions; *buildings; *Australia; *air chemistry; *air pollution damage; *photodegradation; *corrosion; *erosion; *soiling index; particulates; ozone; zinc; coatings

Review Classification: 01

0162799 *03-001629

Conservation of Historic Stone Buildings and Monuments (Some Illustrative Preservation Problems and Treatments in Washington, D.C.,)

Roth J. Walter

US General Services Admin, DC.

NAS/NATL Research Council Report, 1982, P31 (18)

Survey report in conjunction with a self-guided tour of historic stone buildings and monuments in Washington, DC, A diagrammatic map was prepared, noting the street locations of the subjects. Preservation problems, treatments, and evaluations for each structure are discussed. The aging and deterioration of historic buildings is attributed to staining and discoloration, weathering and pollution, or impacts of mineralization, vegetation, and pests. (1 map, 8 photos)

Descriptors: *Washington, DC; *historic sites; *landmark preservation; *aesthetics, env-urgan; *air pollution damage; weathering; pest control

Review Classification: 05

0162622 *83-001452

Conservation of Historic Stone Buildings and Monuments (Measurement of Local Climatological and Air Pollution Factors Affecting Stone Decay),

Tobach Ivar

Aerovironment, CA,

NAS/NATL Research Council Report, 1982, P197 (14)

Technical feature the atmosphere is a primary contributor to the decay of stone in historic buildings. These contributors range from the natural consequences of rainfall, wind frost, and heat to the complicated chemical and biological processed resulting from pollution. A list of such factors is broken down into these groups: available moisture in the form of rain, fog, and humidity; atmospheric temperature; the cooling and heating of surfaces by wind and radiation; evaporation and condensation on surfaces; the motion of air; and the presence of pollutants. Techniques for measuring parameters within each group have been developed, and can be applied to assist in research on stone preservation. (17 references, 3 tables)

Descriptors: *air pollution damage; *historic sites; *weathering; *humidity; *erosion, wind; *erosion, water; *armospheric pollutant deposition; *aerosols; fog; rainfall; solar radiation; nitrogen oxides; sulfur dioxide; atmospheric temperature

Review Classification: 01

0153410 *81-006203

Effects of Acid Precipitation in North America.

Glass, Norman R.; Glass Gary E.; Rennie Peter J. EPA. Ore, Env Intl, 1980, V4, N5&6, P443 (10)

Technical feature acid precipitation in North America has spread south- and westward, producing 3.0-4.0 PH values during the individual storms. Acid rain has improverished aquatic flora and fauna, lead to fish extermination, and caused low aquatic productivity in poorly buffered streams and lakes. Acid precipitation, which way also cause damage to forest growth, crop production, wildlife, and man-made materials such as buildings, metals, paints, and statuary, should be further investigated. Sensitive areas of North America should be identified so that field research programs can be focused geographically in those areas. (5 graphs)

Descriptors: *acid rain; *north america; *air pollution damage; *lakes; *water pollution damage; *aquatic ecosystems; *stack emissions; *forest ecosystems; tree damage; corp damage; poser plants-coal fired; fish kills; soil chemistry; food crops

Review Classification: 01

0152825 *81-005642

Speech by Ellis B. Cowling.

Presented At EPA Acid Rain Conf, VA, Apr 8-9, 80, P27 (54)

Technical feature mechanisms of atmospheric deposition associated with acid rain are examined. Anthropogenic sources of acid rain precursors, including industrial stack emissions and forestry activities, are identified. The consequences of acid precipitation have been documented; these include damage to vegetation and aquatic ecosystems and erosion of buildings and monuments. (1 diagram, G graphs, 2 maps, 30 photos)

Descriptors: *acid rain; *air pollution damage; *stack emissions; *water pollution damage; *legumes; *erosion; corrosion; aquatic organisms; sulfates; EPA conf paper

Review Classification: 01

0152091 *81-004933

Downwind: The Acid Rain Story,

Env Canada Report, 1981 (23)

Special report eastern portions of Canada and the U.S. are being affected by acid rain. Lake acidification, fish kills, crop damage, and weathered buildings are evidence of the damage resulting from such precipitation. Mechanisms of precursor transport and chemistry are surveyed. Emission controls must be placed on stationary and mobile sources. Coal, the main culprit responsible for sulfur dioxide emissions, can be washed to reduce the amounts of this precursor emitted to the atmosphere. (1 drawing, 1 graph, 4 maps, 23 photos)

Descriptors: *acid rain; *air pollution damage; *aqustic ecosystems; *sulfur dioxide; *nitrogen oxides; *atmospheric diffusion; *north america; *fish kills; soil chemistry; wildlife; buildings; erosion; health, env; transnational pollution

Review Classification: 01

0150655 *81-003545

Effect of Acid Rain on Structures,

Gauri K. LAL

Univ of Louisville,

Presented at ASCE Acid Rain Sym, Boston, Apr 2-6, 79, P70 (22)

Technical feature the effects of acid rain on marble used in the construction of architectural monuments and structures are discussed. Emphasized is damage suffered by the Georgia marble exposed on the exterior of the field museum of natural history in Chicago. Acid rain has caused chemical reactions to occur on marble surfaces, with resultant weathering, fracturing, and loss of sculptured details. (1 diagram, 2 graphs, 15 photos, 9 references 2 tables)

Descriptors: *acid rain; *weathering; *buildings; *air chemistry; *air pollution damage; urban atmosphere; conf paper

Review Classification: 01

0148464 *81-001462

Measuring the Social and Economic Impacts of Air Pollution Control Programs,

Savino Charles R.

Rice Center, Houston,

Presented at APCA Ozon/Oxidants: Interactions with the Total Env Conf, Houston, Oct 14-17, 79, P170 (14)

Technical Report Houston, Tex., and St. Louis, Mo., may be required to implement air pollution controls in addition to those already existing. A socioeconomic impact analysis methodology was developed to evaluate the regional social and economic consequences of such controls. Quantitative indicators used to measure impacts were regional economic growth, regional employment and population, average household income, personal mobility, and costs of controls to business. Analysis suggests that controls would be costly to households and business, would result in long-term reductions in metropolitan growth in Houston, would induce slight positive growth in St. Louis, and would significantly reduce hydrocarbon emissions. (2 diagrams, 2 references, 5 tables)

Descriptors: *econ impact-air poll cont; *air quality programs; *stack emission control; *emission control standards; *socioeconomic impact assess; *mathematic models-air; *mathematic models-economics; *economics, env-air; *Houston; St-Louis; employment; air poll cont investment; APCA conf paper

Review Classification: 01

0146954 81-000001
Air Pollution Effects on Social Policies,
Lave Lester B.
Carnegie-Mellon Univ,
ASHRAE Trans, 1979, V85, N2, P9 (5)
Survey report conflicts between the goals of environmental safety and energy conservation and the use of automobiles, industrial activity, and building heating and cooling are discussed. Problems inherent in the effort to achieve the objectives of various stringent environmental regulations that have been implemented during the past decade are examined. However, it is possible to balance the benefits and costs of environmental regulation. Scientific analysis of tradeoffs, of how to achieve stated goals, and of the real benefits of achieving these goals can help to eliminate some of the conflicts.
Descriptors: *ASHRAE conf paper; *air pollution effects; *socioeconomic impact assess; *law, env-fed; *emission control standards; *econ impact-air poll cont; *energy conservation; *cost benef analysis-air; automobile emission control; stack emission control; air quality stands, source; capital costs; automobile fuel economy
Review Classification: 01

0144251 80-004186
Ancient Polish City is Pollution Victim,
Darnton John
New York Times, Jun 8, 80, P5
News report damage to buildings and monuments caused by air pollution in Cracow, Poland, is reported. The central market of the town, which has been described as the finest surviving example of a medieval habitat, is threatened by heavy air pollution from surrounding industrial areas. The main cause of the air pollution is the widespread use of coal in Poland. Efforts to restore the older buildings in Cracow have begun.
Descriptors: *air pollution damage; *urban atmosphere; *Poland; *aesthetics, env-urban; *coal usage-region; urban renewal
Review Classification: 01

0143519 80-K00114
The Economic Impact of Air Pollution and Aircraft Noise on Residential Property Values; A Selected Bibliography,
1869-1977
Tomassoni Mark E.
Monticello. Ill. Council of Planning Librarians, 1978, 6 PP, $1.50 PA.
Technical feature
Descriptors: *airplane noise; *econ impact-air poll; *econ impact-noise poll; *real estate
Review Classification: 09

0142820 *80-002812
A Preference Approach to Measuring the Impact of Environmental Externalities,
Mark Jonathan J.
Univ of British Columbia,
Land Economics, Feb 80, V56, N1, P103 (14.)
Technical report the impact of air pollution on urban housing prices is examined through the development of a theoretical model that suggests that the relationship between externalities and property values may be interpreted in a preference context. Variables considered include sale prices, number of rooms in housing units, proximity of housing to central business districts, and air pollution data. Estimates of impacts are expressed as housing price differentials that are due to the externality. (22 references, 4 tables)
Descriptors: *air pollution effects; *urban atmosphere; *economics, env-land; *prices; *housing; *mathematic models-air; *mathematic models-economics; *mathematic models-land; econ impact-air poll; real estate
Review Classification: 01

0141365 80-001408
Distributional Analysis of Regional Benefits and Cost of Air Quality Control.
Loehman, E.T.; Berg S. V.; Arroyo A. A.; Hedinger R. A.; Schewartz J. M.; Shaw M. E.; Fahien R. W.
Univ of Florida,
J Env Economics & Management, Sep 79, V6, N3, P222 (22)
Technical report a cost-benefit analysis of air quality programs in urban areas of Florida is discussed. A mathematic model is developed to incorporate regional emission sources, ambient pollutant levels resulting from meteorological conditions, and the socioeconomic characteristics of impacted population groups. Results indicate that the requirements to use 0.5% sulfur fuel in urban power plants generates net household benefits to the majority of the population. (1 diagram, 2 graphs, 1 map, 41 references, 8 tables)
Descriptors: *urban atomosphere; *regional planning; *economics, env-air; *air poll cont investment; *power plant emissions; *mathematic models-air; *mathematic models-economics; *air pollution effects; health, env; Florida; econ impact-air poll cont; income comparisons
Review Classification: 01

0139962 *80-000056
Acid Rain: Research Summary,
EPA Report EPA-600/8-79-028. Oct 79 (23)
Special report described is EPA's program for investigating the existing U.S. acid rain problem and for building a data base for possible future regulatory actions. EPA research on the aquatic and terrestrial effects of acid rain, on monitoring techniques for acid precipitation. And on atmospheric processed causing acid precipitation are summarized. Acid rain studies at labs and universities throughout the U.S. are summarized. (1 diagram, 1 drawing, 2 graphs, 6 maps, 8 photos, 11 references)
Descriptors: *acid rain; *air pollution damage; *atmospheric pollutant deposition; *air chemistry; *area comparisons; *aquatic ecosystems; *forest ecosystems; *crop damage; eatershed management. Great lakes; PH hydrogen ION concentration
Review Classification: 01

BIBLIOGRAPHIE

1. Atkins, M.H., et Lowe, J.F. 1977. *Pollution control costs in industry: an economic study.* Oxford, Angleterre : Pergamon Press Limited.

2. Barnett, H.J. et Morse, C. 1963. *Scarcity and growth: the economics of natural resource availability.* Baltimore, Md.: Johns Hopkins University Press for Resources for the Future.

3. Beckerman, W. 1975. *Pricing for pollution: an analysis of market pricing and government regulation in environment consumption and policy.* Sussex, Angleterre : The Institute of Economic Affairs.

4. Biniek, J.P. 1981. *Benefit-cost analysis and environmental decision-making.* Washington, D.C.: U.S. Library of Congress Congressional Research Service.

5. Boulding, K.E. 1966. *The economics of the coming spaceship earth. In Environmental quality in a growing economy,* edited by Henry Jarrett. Baltimore, Md.: Johns Hopkins University Press for Resources for the Future.

6. Boulding, K.E. 1981. *Evolutionary economics.* Beverly Hills, Cal.: Sage Publications.

7. Burness, H.S., et al. 1980. *Thermodynamic and economic concepts as related to resource-use policies. Land Economics. 56 (1): 1-9.*

8. Caccia, C. *(Communication écrite à l'honorable Donald S. Macdonald, président de la Commission royale sur l'union économique et les perspectives de développement du Canada).* Ottawa (Ontario). Ministère de l'Environnement. 6 pages.

9. Caccia, C. 1983. *Notes pour une allocution de l'honorable Charles Caccia, ministre de l'Environnement, lors des séances de consultation publique. Hamilton (Ontario). Le 28 octobre 1983.* Ottawa (Ontario). Ministère de l'Environnement.

10. Canada. Ministère de l'Environnement. 1984. *Développement soutenu : Présentation à la Commission royale sur l'union économique et les perspectives de développement du Canada.* Ottawa (Ontario). Ministère de l'Environnement.

11. Canada. Conseil consultatif canadien de l'environnement. 1983. *Présentation à la Commission royale sur l'union économique et les perspectives de développement du Canada.* Ottawa (Ontario). Conseil consultatif canadien de l'environnement.

12. Checkland, P.B. 1981. *Systems thinking, systems practice.* Bath, Angleterre : Pitman Press.

13. Clark, R.M. 1978. *Analysis of urban solid waste services: a systems approach.* Ann Arbor, Mich.: Ann Arbor Science Publishers.

14. Daly, H.E. 1973. *Toward a steady state economy.* San Francisco, Cal.: W.H. Freeman and Company.

15. Daly, H.E. 1979. *Entropy, growth, and the political economy of scarcity. In Scarcity and growth reconsidered,* edited by V.K. Smith. Baltimore, Md.: Johns Hopkins University Press for Resources for the Future.

16. Dewees, D.N., Everson, C.K., and Sims, W.A. 1975. *Economic analysis of environmental policies.* Toronto (Ontario) : University of Toronto Press for the Ontario Economic Council.

17. Dorcey, A.H.J. 1984. *Interdependence between the economy and the environment: from principles to practice. Background paper for Environment Canada for OECD International Conference on Environment and Economics, Juin 1984. Paris, France.* Inédit.

18. Dorcey, A.H.J., et Hall, K.J. 1981. *Setting ecological research priorities for management: the art of the impossible in the Fraser estuary.* Vancouver, (C.-B) : Westwater Research Centre, University of British Columbia.

19. Downing, P.B. 1984. *Environmental economics and policy.* Toronto (Ontario) : Little, Brown and Company.

20. *Interdépendance économique et écologique : Un rapport sur quelques problèmes posés par l'environnement et les ressources. Mai 1982. Paris, France.* Organisation de coopération et de développement économiques..

21. *Environmental quality and social behavior: strategies for research.* Report on a Study Conference on Research Strategies in the Social and Behavioral Sciences on Environmental Problems and Policies. 1973. Washington, D.C.: National Academy of Sciences.

22. *Environmental quality: the eleventh annual report. 1980.* Washington, D.C.: U.S. Council on Environmental Quality. p387+.

23. Fisher, A.C. and Peterson, F.M. 1976. *The environment in economics: a survey.* Journal of Economic Literature. 14 (1): 1-33.

24. Freeman, A.M. 1979. *The benefits of environmental improvement: theory and practice.* Baltimore, Md.: Johns Hopkins University Press for Resources for the Future.

25. *The future of the world economy: a study on the impact of prospective economic issues and policies on the International Development Strategy.* 1977. New York, N.Y.: United Nations. Department of Economic and Social Affairs.

26. Georgescu-Roegen, N. 1966. *Analytical economics.* Cambridge, Mass.: Harvard University Press.

27. Georgescu-Roegen, N. 1971. *The entropy law and the economic process.* Cambridge, Mass.: Harvard University Press.

28. Georgescu-Roegen, N. 1979. *Energy analysis and economic valuation.* Southern Economic Journal 45: 1023-58.

29. Georgescu-Roegen, N. 1981. *The crisis of natural resources.* Challenge March/April: 50-6.

30. Gysi, M. 1980. *Energy, environmental, and economic implications of some recent Alberta water resources projects.* Water Resources Bulletin 16 (4): 676-80.

31. Haveman, R.H. and Christainsen, G.B. 1981. *Environmental regulation and productivity growth.* Natural Resources Journal 21 (3): 489+.

32. Hill, G.C. 1978. *Businesses are finding environmental laws can be useful to them.* Wall Street Journal June 9 p1.

33. Hjalte, K., Lidgren, K. and Stahl, I. 1977. *Environmental policy and welfare economics.* Cambridge, Angleterre : Cambridge University Press.

34. Holling, C.S., éd. 1978. *Adaptive environmental assessment and management.* Toronto (Ontario) : John Wiley.

35. *The impact of tourism on the environment.* 1980. Paris, France: Organisation de coopération et de développement économiques.

36. *International symposium on environment: toward a pollution-free society, 26-28 mai 1976. Imperial Hotel, Tokyo.* 1976. Tokyo, Japon: Japan Productivity Center. Nihon Keizai Shimbun.

37. James, D.E., Jansen, H.M.A., et Opschoor, J.B. 1978. *Economic approaches to environmental problems: techniques and results of empirical analysis.* Amsterdam, Pays-Bas : Elsevier Scientific Publishing Company.

38. Joy, C.S. 1975. *Water quality models of the lower Fraser River.* Vancouver (C.-B.) : Westwater Research Centre, University of British Columbia. Rapport technique n° 6.

39. Kneese, A.V. 1977. *Economics and the environment.* New York, N.Y.: Penguin Books.

40. Knetsch, J.L. and Freeman, P.H. 1979. *Environmental and economic assessments in development project planning.* Journal of Environmental Management 9 (3): 237-46.

41. Lack, T.J., éd. 1985. *Environmental protection: standards, compliance and costs.* Rexdale (Ontario) : John Wiley.

42. Lakshmanan, T.R. et Nijkamp P., éd. 1980. *Economic-environmental-energy interactions: modelling and policy analysis.* Boston, Mass.: Martinus Nijhoff Publications.

43. Latsis, S.J., éd. 1976. *Method and appraisal in economics.* Cambridge, Angleterre : Cambridge University Press.

44. Lowe, J. et Lewis, D. 1980. *The economics of environmental management.* Oxford, Angleterre : Philip Allan Publishers Limited.

45. Lowe J., Lewis, D., et Atkins, M. 1982. *Total environmental control: the economics of cross-media pollution transfers.* Toronto (Ontario) : Pergamon Press.

46. Maler, K.-G. et Wyzga, R.E. 1976. *Economic measurement of environmental damage: a technical handbook.* Paris, France: Organisation de coopération et de développement économiques.

47. Mason, T.W. 1979. *Energy, environment and economics: some practical approaches to analyses.* Presented at the Missouri Department of Natural Resources/University of Missouri 6th Annual Energy Conference, 16-18 octobre 1979. Rolla. p508+.

48. Milbrath, L.W. 1984. *Environmentalists: vanguard for a new society.* Albany, N.Y.: State University of New York Press.

49. Nijkamp, P. et Spronk, J., éd. 1981. *Multiple criteria analysis: operational methods.* Aldershot, Angleterre : Gower Press.

50. O'Dette, R.G. 1979. *Environmental control regulations: a significant source of economic stress.* Presented at the WWEMA 7th annual industrial pollution conference, 5-7 juin 1979, Philadelphie, Pa. p.477+.

51. Peterson, F.M. and Fisher, A.C. 1977. *The exploitation of extractive resources: a survey.* Economic Journal 87: 681-721.

52. *Le principe pollueur-payeur : Définition, analyse et mise en oeuvre.* 1975. Paris, France : Organisation de coopération et de développement économiques.

53. *Pollution charges: an assessment.* 1976. Paris, France : Organisation de coopération et de développement économiques.

54. *Problèmes d'économie de l'environnement :* compte rendu du séminaire tenu à l'OCDE au cours de l'été 1971. Paris, France : Organisation de coopération et de développement économiques.

55. Ridker, R.G. et Watson, W.D. 1980. *To choose a future: resource and environmental consequences of alternative growth paths.* Baltimore, Md.: Johns Hopkins University Press for Resources for the Future.

56. Rifken, Jeremy. 1980. *Entropy: a new world view.* New York: Viking Press.

57. Rinaldi, S., éd. 1982. *Environmental systems analysis and management.* Working Conference, 28-30 septembre 1981. Rome, Italie. Amsterdam, Pays-Bas : North-Holland Publishing Company.

58. Smith V.K., éd. 1979. *Scarcity and growth reconsidered.* Baltimore, Md.: Johns Hopkins University Press for Resources for the Future.

59. Smith V.K., and Krutilla, J.V., éd. 1982. *Explorations in natural resource economics.* Baltimore, Md.: Johns Hopkins University Press for Resources for the Future.

60. Soddy, F. 1922. *Cartesian economics: the bearing of physical science upon state stewardship.* Londres, Angleterre : Hendersons.

61. Sokolovsky, V.G. 1977. *The role of the economic factor in major decision making concerning complex environmental problems.* Presented at 1st US/USSR environmental economics symposium, 22 octobre 1977. YEREVAN URSS. p.96+.

62. Solow, R.M. 1974. *The economics of resources or the resources of economics.* American Economic Review 64 (2): 1-14.

63. *Statement of Mrs. Brundtland at the opening session of the inaugural meeting of the World Commission on Environment and Development, 1-3 octobre 1984. Genève, Suisse.*

64. *The status of environmental economics: an update.* 1979. Washington, D.C.: U.S. Library of Congress, Environment and Natural Resources Policy Division. (96th Congress, 1st Session. Committee print. Serial no. 96-6).

65. Stewart, I.M.T. 1979. *Reasoning and method in economics: an introduction to economic methodology.* Londres, Angleterre : McGraw-Hill.

66. Truitt, T.H., et Bravin, M.N. 1979. *Enforcing environmental protection policies through federal contracts.* Environmental Regulation Analyst 1 (1): 8-11.

67. Van Delft, A., and Nijkamp, P. 1977. *Multi-criteria analysis and regional decision-making.* Leiden, Pays-Bas : Martinus Nijhoff.

68. Van Schaik, R.J. 1976. *The impact of the economic situation on environmental policies.* OCDE Observer n° 79 (janvier-février) : 25-6.

69. Waage, P. 1981. *Economics and environment.* Industry and Environment Special issue no. 2: 5-7.

70. *Waste paper recovery: economic aspects and environmental impacts.* 1979. Paris, France : Organisation de coopération et de développement économiques.

71. White, F.C. et al. 1980. *Environmental and economic impact of agricultural land use conversion: an evaluation methodology.* Springfield, Va.: National Technical Information Service.

72. Willard, B.E. 1976. *Are national environmental and economic objectives compatible?* Presented at 41st North American Wildlife and Natural Resources Conference, 21-25 mars 1976, Washington, D.C. Wildlife Management Institute. p.591-6.

73. Zhamin, V. 1977. *Ecology and economics. In Problems of economics.* White Plains, N.Y. p.74.

AUTRES OUVRAGES

1. Arntzen, J.W., et Braat, L. 1983. *An integrated environmental model for regional policy analysis. In Systems and models for energy and environmental analysis*, edited by T.R. Lakshmanan and P. Nijkamp. Aldershot, Angleterre : Gower Press.

2. Bannink, R., Broekhof, C.C., et Nijkamp, P. 1983. *A programming approach as a design for economic policy. In Systems and models for energy and environmental analysis*, edited by T.R. Lakshmanan and P. Nijkamp. Aldershot, Angleterre : Gower Press.

3. Burness, H.S., et Lewis, T.R.. 1977. *Democratic exploitation of a non-replenishable resource.* California University of Technology. Social Science Working Paper No. 161.

4. Eagly, R.V. 1974. *The structure of classical economic theory.* New York, N.Y.: Oxford University Press.

5. Hafkamp, W.A., et Nijkamp, P. 1982. *Conflict analysis in environmental-economic regional systems. In Environmental systems analysis and management*, edited by S. Rinaldi. Amsterdam, Pays-Bas : North-Holland Publishing Company. p.639-52.

6. Kuhn, T.S. 1970. *The structure of scientific revolutions.* Chicago, 111.: University of Chicago Press.

7. Lakshmanan, T.R. 1979. *A multi-regional policy model of the economy, environmental and energy demand.* Boston, Mass.: Boston University. Working Paper NSF 79-1.

8. Nijkamp, P., et Rietveld, P., éd. 1984. *Information systems for integrated regional planning.* Amsterdam, Pays-Bas : North-Holland Publishing Company.

9. Rietveld, P. 1982. *A general overview of multi-regional economic models. In Multi-regional economic modelling: practice and prospect*, edited by B. Issaev, et al. Amsterdam, Pays-Bas : North-Holland Publishing Company. p.15-34.